This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

UC-NRLF
B 3 869 920

JAN 15 1902

Main Lib. Physiol. Lab.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
GIFT OF
MRS. WILLIAM H. CROCKER.

BIOLOGY
LIBRARY
G

Class

SKANDINAVISCHES

ARCHIV FÜR PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG VON

PROF. DR. S. TORUP IN CHRISTIANIA, PROF. DR. K. A. HÄLLSTÉN, PROF. DR. E. A. HOMEN UND PROF. DR. E. E. SUNDVIK IN HELSINGFORS, PROF. DR. CHR. BOHR IN KOPENHAGEN, PROF DR. M. BLIX IN LUND, PROF. DR. S. JOLIN, PROF. DR. K. A. H. MÖRNER UND PROF. DR. R. TIGERSTEDT IN STOCKHOLM, PROF. DR. O. HAMMARSTEN, DR. W. LINDBERGER UND DR. HJ. ÖHRWALL IN UPSALA

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. FRITHIOF HOLMGREN,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS AN DER UNIVERSITÄT ZU UPSALA.

SECHSTER BAND.

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN IM TEXT UND SECHS TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1895.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF

Main Lib

Physiol. Lab

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

Seite

Klas Sondén u. Robert Tigerstedt, Untersuchungen über die Respiration und den Gesammtstoffwechsel des Menschen. (Hierzu Taf. I—V.) . . 1

Ernst Tengwall, Reflexe durch sensible Muskelnerven. (Hierzu Taf. VI.) 225

Magnus Blix, Zur Frage: Wann der Energieumsatz bei der Muskelcontraction auch von der Spannung abhängt 240

Ch. Contejean, Das Pylorussecret beim Hunde. (Erwiderung an Herrn Dr. Åkermann) 252

John Sjöqvist, Berichtigungen und Zusätze zu meinem Aufsatz: Physiologisch-chemische Beobachtungen über die Salzsäure 255

A. Jacobsen, Ueber die in Aether löslichen, reducirenden Substanzen des Blutes und der Leber 262

Frits Tobiesen, Ueber den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes . . 273

Johannes Bock, Ueber eine durch das Licht hervorgerufene Veränderung des Methämoglobins 299

C. G. Santesson, Krämpfe und Curarewirkung 308

K. A. H. Mörner, Untersuchungen über die Proteïnstoffe und die eiweissfällenden Substanzen des normalen Menschenharns 332

102168

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Untersuchungen über die Respiration und den Gesammtstoffwechsel des Menschen.[1,2]

Von

Klas Sondén und Robert Tigerstedt.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

(Hierzu Taf. I—V.)

Erster Abschnitt.

Ein neuer Respirationsapparat für Respirationsversuche am Menschen.

§ 1. Geschichtliche Einleitung.

Unseres Wissens war Lavoisier der erste, der quantitative Untersuchungen über die Kohlensäure-Abgabe und die Sauerstoff-Aufnahme des Menschen ausführte. Am 13. November 1789 theilte er der Académie des sciences in Paris die Resultate dieser im Verein mit Séguin ausgeführten Versuche mit. In der betreffenden Abhandlung kommt jedoch keine Beschreibung der hierbei benutzten Versuchsmethoden vor. Diese Beschreibung sollte in einer späteren Abhandlung folgen,[3] welche jedoch niemals erschien, indem sowohl die Untersuchungen über die Respiration wie so viele andere von Lavoisier geplante Arbeiten während der französischen Revolution wegen anderer, mehr dringender Aufgaben bei Seite geschoben werden mussten. Und als dann die Schreckensregierung eintrat, wurde Lavoisier's glänzende wissen-

[1] Der Redaction zugegangen den 9. März 1895.

[2] Theilweise mit Unterstützung des Elizabeth Thompson Science Fund in Boston ausgeführt.

[3] Lavoisier, *Oeuvres*. Bd. II, S. 695.

schaftliche Laufbahn durch seinen Märtyrertod auf dem Schafott am 8. Mai 1794 beendet.

In einer von Séguin veröffentlichten Abhandlung „Sur la salubrité et l'insalubrité de l'air atmosphérique, dans ses divers degrés de pureté" hat dieser Autor über die bei den eben erwähnten Versuchen benutzte instrumentale Anordnung die folgende kurze Beschreibung gegeben:

„Je remplissais une grande cloche d'air atmosphérique; je me faisais ajuster la tête de cuivre; l'on me la collait sur le col avec de la poix, qu'on recouvrait de bandes de papier et de linge; je vissais sur l'ouverture de la calotte antérieure le tube communiquant avec la cloche, et, par ce moyen, je respirais l'air qui etait à sa partie supérieure, et je faisais mon expiration a travers l'alcali caustique. — — Et l'on faisais passer dans la cloche, au fur et mesure que son volume d'air diminuait, des portions d'un semblable mélange, suffisantes pour entretenir toujours le même niveau."[1]

In seiner Biographie Lavoisier's hat Grimaux Facsimiles nach zwei Lavirungen von der Gattin Lavoisier's mitgetheilt, in welchen sie Skizzen von dem Arbeitszimmer Lavoisier's bei den Versuchen über das Athmen des Menschen in Ruhe und bei Arbeit gezeichnet hat.[2] Diese Zeichnungen stimmen mit der Beschreibung Séguin's vollständig überein, geben aber keine Kenntniss von den Einzelheiten der Versuchsanordnung, z. B. von der Art und Weise, in welcher die eingeathmete Luft von der ausgeathmeten getrennt wurde. Unsere Kenntniss von der Anordnung dieser so merkwürdigen und in des Wortes vollster Bedeutung bahnbrechenden Versuche ist also in hohem Grade unbefriedigend.

Nach Lavoisier wurde lange und noch in unseren Tagen die Methode angewandt, die Luft unter Anwendung einer Maske von dem Versuchszimmer oder aus einem Behälter einzuathmen und in einen anderen Behälter, wo sie dann analysirt werden konnte, auszuathmen. Hierbei trennte man die eingeathmete und die ausgeathmete Luft anfangs mittels Hähne, welche von der Versuchsperson selbst umgestellt wurden. Dies war bei den Versuchen von Murray,[3] Allen und Pepys[4] der Fall. Später wurden zu diesem Zwecke selbstthätige Ventile eingeführt. Die früheste Angabe über die Anwendung solcher

---

[1] Séguin, *Annales de Chimie.* LXXXIX, S. 261 bis 262. 1814.

[2] Grimaux, *Lavoisier 1743—1794.* Paris 1888. S. 118, 128.

[3] Murray, *Records of the medical society of Edinburgh 1798;* Cit. nach Murray, *A system of chemistry,* third edition. Bd. IV, S. 493. 1812.

[4] Allen und Pepys, *Philosophical transactions.* 1808. S. 250 flg.

Ventile, um die ein- und die ausgeathmete Luft zu trennen, haben wir bei Andral und Gavarret[1] gefunden.

Endlich hat man statt einer vor dem Gesicht placirten Maske eine zwischen die Lippen und die Zahnreihen gestellte und mit einer Röhre versehene Kautschukplatte benutzt, welche viel sicherer als die Maske, ja sogar absolut sicher einen luftdichten Verschluss des Mundes von der umgebenden Luft bewirkt. Dieses Mundstück ist von Denayrouse[2] construirt und scheint von den Tauchern lange benutzt worden zu sein, bevor es eine Verwendung innerhalb der physiologischen Technik fand.

Ueber die zahlreichen Modificationen der Methode, unter der Anwendung einer Maske oder eines Mundstückes die Respirationsproducte aufzusammeln, zu berichten, liegt ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit.

Uebrigens leidet diese Methode, wie sinnreich sie auch entwickelt werden mag, jedenfalls unter dem bedeutenden Fehler, dass die Versuchsperson in einem höheren oder geringeren Grade unter abnormen Bedingungen athmen muss — wenigstens bis sie sich an den Apparat gewöhnt hat.[3] Auch finden wir, dass bei den allermeisten in dieser

---

[1] Andral und Gavarret, *Annales de chimie et de physique.* 3. série. Bd. VIII, S. 130 flg. 1843.

[2] Vgl. Regnard, *Recherches expérimentales sur les variations pathologiques des combustions respiratoires.* Paris 1879. S. 285, 286.

[3] Vgl. Speck, *Physiologie des menschlichen Athmens nach eigenen Untersuchungen dargestellt.* Leipzig 1892. S. 215:

„Meinen Bestrebungen, Normalzahlen für den Athemprocess anderer Personen festzustellen, bereitete die Ungeschicklichkeit, mit der die meisten Menschen sich bei allen Dingen, die das Athmen betreffen, benehmen, nicht geringe Schwierigkeit. Schon die Aufmerksamkeit, die auf die Athemthätigkeit gelenkt wird, und mehr noch der blosse Gedanke an die Möglichkeit einer Störung oder Beschränkung des Athmens rufen eine Hast und Uebereilung hervor, die unnatürlich ist, sobald die Versuchspersonen in den Apparat athmen, selbst dann, wenn sie vorher belehrt und aufmerksam gemacht wurden."

Auch Katzenstein, der mit den Methoden von Zuntz gearbeitet hat, äussert sich in derselben Richtung: „Trotz aller Sorgfalt durfte die Application der Mundstücke und die Athmung durch die Gasuhr in etwas eine Belästigung und damit ein kleines Plus an Arbeit hervorrufen." *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. IL, S. 380. 1891.

In der letzten Zeit hat sich Hoppe-Seyler über das Athmen durch eine Maske folgendermaassen ausgesprochen: „Mag auch die Anfügung des Mundstückes am Munde völlig luftdicht, der Druck, unter welchem die Ventile sich öffnen und schliessen, und der Druck, welcher zur Drehung der Gasuhr und der Transmission, die ihr angefügt ist, erfordert wird, noch so klein sein, das Athmen mit solchen complicirten Apparaten ist kein freies Athmen; alle hier und da unvermeidlich eintretenden Aenderungen im Respirationstypus, wie Räuspern

Weise ausgeführten Untersuchungen die Versuchsperson nur eine verhältnissmässig kurze Zeit ($^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde, zuweilen auch etwas länger) ohne Unterbrechung durch die Maske geathmet hat. Nur Smith[1] hat den heroischen Versuch gemacht, **18 Stunden** mit alleiniger Unterbrechung für die Mahlzeiten durch eine Maske zu athmen.

Wenn es gilt, die Kohlensäureabgabe des Menschen quantitativ zu bestimmen, ist es jedoch ohne lange Erörterungen klar, dass nur in seltenen Ausnahmefällen Werthe, welche bei Versuchen von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunden Dauer erhalten werden — auch wenn diese Versuche im Verlauf des Tages in kürzeren oder längeren Intervallen wiederholt werden — maassgebend sein können, und dass die bei derartigen Versuchen erhaltenen Ergebnisse auch wegen der abnormen Bedingungen der Athmung mit einer gewissen Vorsicht benutzt werden müssen. Damit die Bestimmungen der Kohlensäureabgabe und der Sauerstoffaufnahme vollständig befriedigend sein sollen, scheint es nothwendig zu sein, dass die Grösse des respiratorischen Gaswechsels gemessen wird, ohne dass die normale Athmung der Versuchsperson dabei in irgend einer Weise verändert oder gehindert wird.

Scharling war der erste, welcher nach diesem Principe Versuche am Menschen anstellte. Er schloss seine Versuchsperson in einen sorgfältig abgeschlossenen Kasten von etwa 1 ^{km} Inhalt ein, ventilirte den Kasten mittels einer Luftpumpe oder eines Aspirators und resorbirte die abgegebene Kohlensäure dadurch, dass die totale Luftmenge durch Kalilauge geleitet wurde; die gleichzeitig in den Kasten einströmende Luftmenge wurde durch Kalilauge von ihrer Kohlensäure befreit. Die vor dem Beginn des Versuches und nach dem Schluss desselben im Kasten befindliche Kohlensäure wurde besonders bestimmt.[2]

So vortrefflich die Versuchsanordnung Scharling's ihrem Principe nach auch war, litt sie jedoch unter zwei bedenklichen Fehlern. Theils ist es nicht sicher, dass die gesammte, in der ausströmenden Luft befindliche Kohlensäuremenge von der Kalilauge thatsächlich absorbirt wurde — wodurch also ein Verlust an Kohlensäure möglicherweise entstanden

---

und dergl., müssen fühlbare Widerstände überwinden, das Athmen durch Mundstück ermüdet an sich schon bald die Versuchsperson, und es wird wohl von keiner Seite bestritten werden, dass das Athmen durch diesen Apparat nur auf kurze Zeit ohne starke Ermüdung ertragen werden kann. Lediglich ganz zuverlässige und geübte Versuchspersonen können überhaupt für diese Untersuchungen verwendet werden. Längere Zeit fortgesetzte Versuche sind damit nicht ausführbar." *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. XIX, S. 578, 579. 1894.

[1] Smith, *Philosophical transactions.* Bd. CIXL, 2, S. 690. 1859.

[2] Scharling, *Ann. d. Chemie u. Pharmacie.* XLV, S. 218 flg. 1843.

ist — theils war der von ihm benutzte Kasten so klein, dass jeder Versuch nur eine kurze Zeit dauern konnte. Die Versuchsdauer war daher bei Scharling in der Regel nur 1 Stunde; in einigen Fällen länger, sehr oft aber nur 30 bis 45 Minuten.

Erst durch Pettenkofer wurde das Postulat erfüllt, einen für den Menschen geeigneten Respirationsapparat zu erhalten, durch welchen die während 24 Stunden abgegebene Kohlensäuremenge direct und ohne Störung der normalen Athmung bestimmt werden konnte. Dieser Apparat, dessen Kosten vom König Max II. von Bayern bestritten wurden, besteht, wie bekannt, aus einer Respirationskammer von 12·7 ^{km} Inhalt, in welcher durch Luftpumpen ein ununterbrochener Luftwechsel stattfindet. Sowohl von der einströmenden als von der ausströmenden Luft wird eine Generalprobe zur Analyse genommen, indem vom Beginn bis zum Schluss des Versuches ein immer gleich grosser Bruchtheil der gesammten ein- bezw. ausströmenden Luft durch Apparate zur Absorption der Kohlensäure und des Wassers geleitet wird.[1]

Pettenkofer's Apparat ist bei mehreren, ausserordentlich bedeutungsvollen Untersuchungen über die Respiration und den Stoffwechsel des Menschen benutzt worden, und derartige Apparate sind an mehreren Orten für Untersuchungen über den Stoffwechsel unserer Haussäugethiere eingerichtet worden. Dagegen hat man unseres Wissens weder in einem anderen physiologischen Laboratorium, mit Ausnahme desjenigen in Turin,[2] noch bei einer klinischen Anstalt einen derartigen Apparat gebaut.

Um jedoch den respiratorischen Gaswechsel an kranken Menschen bestimmen zu können, ohne eine Respirationsmaske oder ein Mundstück zu benutzen, construirte Liebermeister einen Respirationsapparat, welcher für geringe Kosten ausgeführt werden konnte.

Die Respirationskammer besteht hier aus einem Kasten aus Zinkblech von 1188 Liter Inhalt. Dieser Kasten ist nach unten offen und wird in eine mit Kochsalzlösung gefüllte Rinne gestellt, wodurch die im Kasten befindliche Luft von der umgebenden Luft abgeschlossen wird. Die Versuchsperson kann in dieser Kammer liegen und sitzen. Der Luftwechsel wird durch ein Wassertrommelgebläse besorgt. Die

---

[1] Pettenkofer, *Ann. d. Chemie u. Pharmacie.* II. Suppl.-Band, S. 1 bis 52. 1863.

[2] Vgl. Mosso, *L'institut physiologique de l'université de Turin.* Turin 1894. S. 30.

ausströmende Luft wird durch Schwefelsäure vom Wasserdampf befreit, geht durch grosse leere Flaschen, wo die Kohlensäure nach Pettenkofer analysirt wird, und wird endlich durch eine Gasuhr gemessen.

In bestimmten Zeitintervallen wurde der Kohlensäuregehalt der in diesen Flaschen befindlichen Luft bestimmt. Aus den so gewonnenen Zahlen kann man in einer später zu besprechenden Weise die Grösse der Kohlensäureabgabe der im Kasten eingeschlossenen Versuchsperson berechnen.

Wegen des geringen Cubikinhaltes des Kastens konnte bei diesem Apparat jeder einzelne Versuch nicht länger als zwei, höchstens drei Stunden dauern.[1]

In der letzten Zeit hat Hoppe-Seyler nach dem Principe von Regnault und Reiset[2] einen Apparat zur Messung des respiratorischen Gaswechsels am Menschen gebaut. Dieser Apparat besteht aus einem, nach aussen allseitig luftdicht abgeschlossenen Raum, in welchem die Versuchsperson verweilt. Durch eine weite Röhrenleitung jederseits oben am vorderen und hinteren Ende wird Luft abwechselnd aus dem Raume abgesogen in vier grosse, theils mit starker Aetzkalilauge gefüllte Flaschen, welche in einem Bewegungs- bezw. Schaukelapparate fest eingelegt, durch einen Wassermotor in der Weise bewegt werden, dass die Kalilauge beim Aufsteigen der Flaschen der einen Seite durch die verbindenden Kautschukschläuche in den beiden Flaschen der anderen Seite abfliesst und an ihrer Stelle Luft aus der Respirationskammer ansaugt, während auf der anderen Seite ein ebenso grosses Luftvolumen durch eine gleich weite Röhrenleitung nach der Kammer zurückgepresst wird und nahe am Boden dorthin wieder einströmt. Aus einem Gasometer, welcher Sauerstoff enthält, geht durch ein enges Kupferrohr Sauerstoff durch eine mit Aetzkalilauge gefüllte Waschflasche, dann durch eine mit Wasser gefüllte Flasche zur Gasuhr und tritt dann in die Respirationskammer ein. Der ganze nach aussen abgeschlossene zusammenhängende Luftraum beträgt 4943 Liter; die Röhren und Kaliflaschen nehmen hiervon 108·5 Liter, es bleiben also für den Aufenthaltsraum 4834·5 Liter.[3]

---

[1] Liebermeister, *Deutsch. Arch. f. klin. Med.* Bd. VII, S. 75—117. 1870.

[2] Regnault und Reiset, *Ann. de chimie et de physique.* 3. Série. Bd. XXVI. 1849.

[3] Hoppe-Seyler, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. XIX, S. 574—589. 1894.

§ 2. Ein neuer Respirationsapparat.

a. Die Respirationskammer.

Wie schon erwähnt, sind bei früheren Respirationsversuchen an Menschen die Respirationskammern — wo nämlich solche zur Verwendung gekommen sind — ziemlich klein und immer nur für eine Person abgesehen gewesen. Die Respirationskammer Pettenkofer's fasste 12·7 ^{km}, Liebermeister's 1·2 ^{km} und Hoppe-Seyler's 4·8 ^{km}. Der kleine Luftcubus der Kammer hat aber verschiedene Nachtheile in seinem Gefolge. Ist nämlich die Kammer so klein, dass die in derselben befindliche Luft schnell ersetzt werden muss, so wird das Hauptgewicht der Untersuchung auf die Analyse der Ventilationsluft verlegt, wodurch der Einfluss ihrer Zusammensetzung (sowie auch derjenigen der äusseren atmosphärischen Luft) sich fühlbar macht. Ein ebenso genaues Analysiren der ein- wie der austretenden Luft ist dann nothwendig. Kann aber die Kammer so gross gemacht werden, dass die darin eingeschlossene Luft, ohne zu sehr verdorben zu werden, für einen verhältnissmässig längeren Aufenthalt ausreicht, so können viele Versuche derartig angeordnet werden, dass nur wenig neue Luft hinzukommt, wodurch natürlicher Weise die Zusammensetzung der Aussenluft von geringerem Belang wird. Bei Verstärkung des Luftwechsels kann man in eine grosse Kammer mehrere Personen auf einmal hineinbringen, wodurch man durch wenige Versuche einen Mittelwerth der Kohlensäure- (bezw. Wasserdampf-)Production erhält. Weiter bringt ein grösserer Raum den wohl zu beachtenden Vortheil mit, dass der Aufenthalt dort unter wesentlich denselben Umständen stattfindet, wie in einem gewöhnlichen Wohnzimmer — nicht wie in einer engen Zelle. Wenn auch der Beweis nicht geführt werden kann, welchen Einfluss das Gefühl von Annehmlichkeit oder Unannehmlichkeit auf die Resultate ausübt, so scheint es doch mehr als wahrscheinlich, dass ein solcher Einfluss existirt, besonders wenn es sich um Vergleichungen verschiedener Zustände, wie Schlafen und Wachen, Ruhe und Arbeit und dergl. handelt. Die Leichtigkeit oder Schwierigkeit, Versuchsindividuen zu erhalten, welche nahe mit der Beschaffenheit der Respirationskammer zusammenhängt, ist schliesslich auch ein Factor, mit dem man rechnen muss, wenn man eine grössere Reihe von Versuchen zu machen beabsichtigt.

Es stellte sich nun aber die Frage: ist es möglich, eine grössere Kammer zu benutzen, ohne dadurch auch die Versuchsfehler derartig zu vergrössern, dass jede Arbeitsmethode versagte? Pettenkofer,

der die mittlere Zusammensetzung der während 12 Stunden durchgegangenen Luft, und Liebermeister, der den momentanen Gehalt jede $^1/_2$ Stunde bestimmten, gelangten zwar (in Betreff der Kohlensäure) zu guten Resultaten; dadurch ist es aber bei weitem nicht sicher, dass die zur Verfügung stehenden Methoden ausreichen, wenn z. B. ein achtmal grösserer Luftcubus genommen wird, als der grösste jetzt existirende. Verschiedene Fehler werden ja mit dem Verhältnisse zwischen der durchgegangenen und der analysirten Luftmenge einfach multiplicirt. In Anbetracht der oben angegebenen Vortheile sowie auch der Schärfe der von uns anzuwendenden Analysemethode für die Kohlensäure entschlossen wir uns indessen, eine Kammer von etwa 100 ^{km} zu bauen. Würden später die Controlversuche zeigen, dass eine genaue Arbeit unmöglich sei, so reichten ja die Materialien immer aus, um eine Kammer von kleineren Dimensionen herzustellen.

Dass wir einen so grossen Respirationsapparat haben bauen können, dafür sind wir vor Allem Herrn Dr. Carl A. Strömberg zu grösstem Danke verpflichtet, indem er, sobald unsere Absicht ihm bekannt wurde, mit grosser Opferwilligkeit eine beträchtliche Summe zu unserer Verfügung stellte. Ausserdem haben die Herren Consul Oscar Ekman und Ingenieur C. R. Lamm, sowie das Lehrercollegium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts zu den Kosten des Apparates wesentlich beigetragen. Es sei uns gestattet, dafür unsere tiefgefühlte Dankbarkeit hier auszusprechen.[1]

Für die mit der Untersuchung selbst verbundenen Kosten hat die Direction des Elizabeth Thompson Science Fund in Boston uns eine Unterstützung gewährt, für welche wir derselben unsere warmen Danksagungen darbringen.

Von zwei uns zu Gebote stehenden Räumen im physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts zu Stockholm wählten wir also den grösseren. Hier wurden die Decken und Wände mit Holzlatten beschlagen, an welche, ebenso wie an den hölzernen Fussboden, Zinkblech von etwa $^1/_2$ ^{mm} Stärke angenagelt wurde. Taf. I und III *A* zeigt die Anordnung; $t, t, \ldots t$ sind die Latten, $z, z, z \ldots z$ das Zinkblech. Um die Fugen luftdicht zu erhalten, wurden sie überall mit Zinn gelöthet. Der Sicherheit halber wurde noch die ganze Zinkbekleidung mit Oelfarbe gestrichen. Zum Schutz des Bleches, sowie auch, um das unangenehme Treten auf Metall zu vermeiden, wurde der ganze Fussboden mit einem Teppich von sogenanntem Linoleum bedeckt. — Um das Tageslicht einzulassen, wurde in einen

[1] Die Kosten des Apparates, ohne die Gasuhren, betragen etwa 5000 Mark.

mit Zink beschlagenen Holzrahmen ein grosses (geschliffenes) Glas (Taf. III *F*) von etwa 4·5 qm Oberfläche eingekittet. Zwei kleinere Gläser (Taf. I; III *G*; Taf. II *G*) wurden zum Hereinsehen in die Kammer auf dieselbe Weise angebracht.

Zum Ein- und Austreten war eine gewöhnliche Thür nicht geeignet, da ein vollständiges Dichtmachen derselben sowohl kostspielig als schwierig werden musste. Statt dessen brachten wir eine horizontale Oeffnung an, die mit hydraulischem Verschluss versehen wurde. Diese Oeffnung war nämlich von einer Oel enthaltenden Rinne umgeben, in welche der Rand des Deckels passte. Taf. III zeigt am besten die Anordnung: Die nach der Vorhalle *T* offene Glocke *K* trägt an ihrem unteren Rande die Rinne *r-r*, in welche Paraffinöl gegossen ist. Der Deckel *L* sperrt, wenn er aufgesetzt wird, die Verbindung zwischen der Vorhalle *T* und der Respirationskammer *A* völlig ab. Die Treppen *N* (innerhalb) und N_1 (ausserhalb der Kammer) führen von jeder Seite zu der 1·3 m über dem Fussboden befindlichen Oeffnung. Um in die Kammer hineinzukommen, hat man also den Deckel (*L*) abzuheben, die Treppe N_1 hinauf- und die Treppe *N* herunterzusteigen.

Um aber während eines Versuches Gegenstände — z. B. Speisen oder Getränke — hereinschaffen zu können, eventuell andere Dinge hinauszubekommen, ohne einen uncontrollirten Luftwechsel zu verursachen, haben wir zwei „Schleusen" angebracht. (Die Einrichtung ist am besten aus Taf. I *S-S*; Taf. IV *S-S* ersichtlich.) Ein parallelipipedischer Kasten aus Zinkblech ist in der Weise in einer Oeffnung der Blechbekleidung des Raumes festgelöthet, dass die eine Hälfte des Kastens innerhalb, die andere ausserhalb der Respirationskammer bleibt. Jede Hälfte hat ihren Deckel (Taf. I *l* und l_1), der in seine, Oel enthaltende, Rinne passt. Die Stopfen *p* und p_1 dienen dazu, um bei dem Abheben des Deckels Luft herein- und hinauszulassen. Soll z. B. ein Gegenstand in den Raum (*A*) hereingeführt werden, so verfährt man folgendermaassen: der Stopfen p_1 wird herausgenommen, dann der Deckel l_1 gehoben. Der Gegenstand wird nun in den Kasten hineingebracht und der Deckel l_1 wieder aufgelegt. Eine Portion Luft entweicht dabei durch das Loch p_1, wonach der Stopfen p_1 eingesetzt wird. Jetzt wird der (in der Kammer befindliche) Stopfen *p* herausgenommen, der Deckel *l* gehoben und der Gegenstand aus dem Kasten herausgeholt, schliesslich noch der Deckel *l* aufgelegt und der Stopfen eingesetzt. Um gelegentlich Esswaaren sowie auch Excremente, ohne das Gefühl der Versuchspersonen zu verletzen, transportiren zu können, versahen wir den Raum mit zwei solchen Kasten (vgl. Taf. I S_1-S_1 und Taf. IV S_1-S_1). Die grösste Quantität Luft, die durch einmaliges Benutzen der

Schleuse ausgewechselt werden kann, ist das Volumen des Kastens, etwa $0 \cdot 25^{km}$, was aber um so viel weniger bedeutet, als der dadurch entstandene Fehler nur von der Differenz zwischen der Kohlensäure (resp. Wasserdampf) der Kastenluft und dem nämlichen Volumen Kammerluft abhängt.

Um den Apparat auch im Winter benutzen zu können, wurde der Raum mit Dampfheizung eingerichtet; Taf. I *V* und IV *V* zeigt das Kamin, dessen Regulireinrichtung der Versuchsperson zugänglich war.

Zu der Einrichtung gehörte weiter ein Closet (Taf. III *C*), ebenfalls mit hydraulischem Verschluss; schliesslich electrisches (Glüh-) Licht und Telephon.

Zum Gebrauch bei längeren Versuchen war ein vollständiges Bett vorhanden. Stühle, Tische u. a. wurden nach Bedarf hinein- und herausgenommen.

Die Bestimmung des Luftcubus der Respirationskammer nahm eine nicht geringe Arbeit in Anspruch. Zwar war die Grundform des Raumes ziemlich einfach; zufolge des schlechten Baues und ungleichmässigen Nachsinkens des Hauses sowie auch durch Unebenheiten des Bleches kamen aber Unregelmässigkeiten vor, die ein sehr umständliches Messen nöthig machten. Wir theilten der Messung halber drei der Seitenflächen des Raumes (Fussboden und zwei an einander grenzende Wände) in Vierecke von etwa $^1/_2{}^{qm}$ Oberfläche ein. In jeder Ecke jener Rechtecke wurde die Messstange angebracht, wodurch ein mittlerer Werth der Höhe, Länge und Breite erhalten wurde. Durch besondere Messung wurde wegen der schiefen Theile der Decke ein Abzug gemacht, sowie wegen verschiedener Aussprünge und Vertiefungen und wegen der Möbel Correctionen vorgenommen. Wo nichts anderes möglich war — z. B. bei dem Kamin — wogen wir den Gegenstand und berechneten das Volumen annähernd nach der Dichte. Gewisse Gegenstände — wie das Bettzeug — lassen sich natürlich nur schätzen. Ein Fehler von wenigen Litern scheint doch hier sehr wenig bedeuten zu können.

Da die Primärziffern der Messung durchaus interesselos sind, so führen wir nur das Endresultat der Volumenberechnung an: Der Raum fasst, wenn nur die feste Einrichtung mitgezählt wird, $100 \cdot 65^{km}$.

Bei den einzelnen Versuchen kamen wegen der vorhandenen Personen und Geräthe noch Volumencorrectionen hinzu.

Um die Luft in möglichst homogener Mischung im Raume zu erhalten, wandten wir einen kleinen, durch Electricität bewegten Ventilator (Taf. III *I'*) an, der unter der Treppe *N* placirt war. Derselbe

nahm etwa $^1/_8$ el. Pferdekraft in Anspruch und vermochte, wenn er frei in dem Raume stand, etwa 800 ^{km} Luft pro Stunde in gewisser Richtung fortzubewegen.

b. Apparate zum Bewegen, Feuchten und Messen der Luft.

Zu der Respirationskammer wird die Luft durch ein Zinkrohr von 0·14 ^{m} Durchmesser geleitet (Taf. I und III *R*). Um den Einfluss des Winddruckes möglichst aufzuheben, geht das Rohr ausserhalb des Raumes senkrecht bis über das Dach des Hauses, wo es zum Schutz gegen den Regen mit einem Schirm versehen ist. Innerhalb des Raumes läuft das Rohr nahe an der Decke längs der einen (längeren) Wand, wodurch die einströmende Luft vor dem Eintritt angewärmt wird. Die Ausströmungsöffnung ist nach oben gerichtet und mit einer rings herum laufenden, Oel enthaltenden Rinne versehen, in welche entweder ein dicht schliessender Deckel oder auch ein mit einem kleineren Loch versehener Deckel eingesetzt werden kann, wenn nämlich — bei geringer Luftgeschwindigkeit im Rohre — entgegengesetzte Luftströme zu befürchten wären.

Von der diagonal entgegengesetzten Ecke des Raumes geht das für die Fortleitung der Luft abgesehene Rohr aus (Taf. II und IV *U*) und läuft in dem angrenzenden „Apparatzimmer" am Fussboden entlang bis zu einer Pumpvorrichtung, welche die Luft aus der Respirationskammer saugt und dieselbe durch das Rohr U_1 (Taf. I, II und IV) durch die Gasuhren presst. Die Einströmungsöffnung des Rohres innerhalb der Respirationskammer ist ebenso wie der Einlauf angeordnet. Zum Schutze des Rohres im Apparatzimmer ist dasselbe dort von einer Holztrommel umgeben.

Das Pumpwerk (aus Taf. I, II, IV verständlich) besteht aus drei successiv nach einander wirkenden Glocken (Taf. I D_1, D_2, D_3), welche in entsprechenden Wasserbehältern durch Maschinenkraft bewegt werden. Beim Aufsteigen einer Glocke wird Luft in dieselbe hineingesaugt, um beim Heruntersinken wieder hinausgepresst zu werden. Von Glocken wendeten wir drei verschiedene Grössen an:

1. für Ventilationsbedarf über 12 ^{km} pro Stunde,
2. für 12 bis 3 ^{km},
3. unter 3 ^{km}.

Die Ventile, deren Einrichtung aus Taf. II ersichtlich ist, sind gewöhnliche Wasserverschlüsse, die die Luftbewegung in eine gewisse Richtung — nicht aber in die entgegengesetzte — gestatten. 3 Glocken machen die Anwendung von 6 Ventilen nöthig, 3 für die eingehende

und 3 für die austretende Luft. Die Zeichnung erklärt sich wohl von selbst.

Bei der Arbeit mit dem Apparat hat man dafür zu sorgen, dass immer hinlänglich viel Wasser (etwa 2 cm) über dem unteren Rande der Röhre V_1, V steht, was durch das Wasserstandsrohr n, n beobachtet werden kann. Würde indessen durch Verdunsten des Wassers ein Ventil versagen, so bewirkt dies nichts anderes, als eine Herabsetzung der Ventilationsgrösse, was aber durch den Gang der Gasuhren sofort angezeigt wird. Beobachtet man die Temperatur der in die Kammer eintretenden Luft, so schwankt diese bei regelrechtem Gang, auch bei ziemlich grossen Differenzen zwischen der Kammer- und der Aussenluft nur unbedeutend. Entsteht aber z. B. bei kalter äusserer Temperatur durch Ventilfehler ein periodischer Stillstand der Luft im Zuleitungsrohre, so folgt ein ebenfalls periodisches Steigen und Fallen des Wärmegrades der einströmenden Luft, wodurch man auf den vorhandenen Fehler aufmerksam gemacht wird. Dieser Fehler kommt eigentlich nur bei Anwendung starker Ventilation vor.

Der Gebrauch von Wasserventilen ist aber gerade durch die dort stattfindende Wasserverdunstung vortheilhaft. Vor Eintritt der Luft in die Gasuhren muss sie nämlich mit Wasserdampf gesättigt sein, was ja in den Ventilen in nicht unwesentlichem Grade geschieht. Das Feuchten fährt in den Glocken fort. Um aber bei den grossen Glocken die nasse Wandfläche zu vergrössern, ist in jede Glocke ein Cylinder von Leinwand eingehängt, welcher durch einen am unteren Rande angenähten Metallring gespannt gehalten wird. Wenn die Glocke heruntergeht, taucht der Leinwandcylinder in das Wasser herunter; beim Aufsteigen kommt die so durchnässte Leinwandfläche mit der zu feuchtenden Luft in Berührung. Der gute Effect der Befeuchtungsmethode hat sich während der Arbeit unter anderem dadurch gezeigt, dass der Wasserstand in den Gasuhren auch bei einer sehr langen Reihe von Versuchen constant geblieben ist. Ein bei einigen Versuchen abgelesener Psychrometer zeigte kein Sättigungsdeficit in Betreff der aus den Gasuhren ausströmenden Luft. Zufolge der Verdunstung in den Ventilen und Glocken mussten wir auf ein projectirtes Benutzen der Glocken zum Controlmessen der Luft verzichten.

Das Pumpwerk wurde durch einen kleinen elektrischen Motor (Taf. II und IV *I*) von etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Pferdekraft getrieben. Die Transmissionen und Achsen werden auf Taf. I und II gezeigt. Auf Taf. II und IV bezeichnen α die Rheostaten, β den Ampèremeter.

Von dem Pumpwerke strömte, wie schon erwähnt, die Luft (durch

die Röhre U_1) zu den Gasuhren,[1] die aber auf den Zeichnungen nicht angegeben sind. Wir benutzten 2 Gasuhren, die entweder einzeln oder beide auf einmal angewendet werden konnten. Sie waren zu diesem Zwecke mit einem U-förmigen Rohre vereinigt. Durch Eingiessen oder Auslassen des Wassers aus der Sperre konnte die Verbindung zwischen den Uhren regulirt werden, wodurch der Luftstrom entweder nur durch die eine Uhr fortging oder sich nach beiden vertheilte.

Bei dem Justiren der Gasuhren nach der Normalglocke der hiesigen städtischen Gasanstalt wurden folgende Resultate erzielt:

Gasuhr Nummer	Druck der Leitung Millimeter	Temperatur		Wenn die Gasuhr 1000 zeigt, so zeigt die Glocke	Correctionszahl
		der Gasuhr	der Glocke		
I.	11	19·7	20·4	1002	0·9995
„	25	19·7	20·4	1000	0·9975
II.	11	19·5	20·4	1011	1·0075
„	25	19·7	20·4	1007	1·0045

Die Fehler sind, wie ersichtlich, einigermaassen abhängig von dem Druck in der Leitung. Da aber dieser Druck sich im Allgemeinen auf ungefähr 11 ^{mm} Wasser gehalten hat, so haben wir die für diesen Fall angegebene Correction angenommen. Bei Gasuhr I, wo die Correction innerhalb der Grenzen der Observationsfehler fällt, haben wir dieselbe ganz vernachlässigt. — Die Justirung gilt doch nur einer ganzen Umdrehung des Literzeigers. Ob kleine Abweichungen der einzelnen Theilstriche von dem wahren Volumen vorhanden sind, haben wir nicht controliren können. Bei grösseren Ventilationsmengen kann aber der davon herrührende procentische Totalfehler nur unbedeutend sein; bei kleineren übt das Volumen der Ventilationsluft im Vergleich mit der Luftmenge der Respirationskammer auf das Resultat nur einen geringen Einfluss aus.

Die Temperatur der Gasuhren, die durch genaue Thermometer bestimmt wurde, blieb oft stundenlang constant. Indessen zeigte die aus den Gasuhren austretende Luft nicht immer denselben Wärmegrad, wie die Gasuhr selbst; es konnte um 1 bis 1·6° C. differiren. Bei welcher Temperatur das Messen wirklich vorgenommen ist, bleibt also zwischen gewissen Grenzen unsicher. In Betreff der Gasuhr III, die nur zum Messen einer relativ kleinen Luftmenge dient (öfters nicht

[1] Nasse Gasuhren.

einmal 0·1 km während einer Versuchsperiode) sind die Correctionen mit denjenigen der beiden anderen zusammengeschlagen.

Bleibt aber auch das Messen mit Hülfe der Gasuhren zufolge der kaum zu controllirenden Fehler kein absolut genaues, so können, wie wir unten zeigen werden, die Fehler nicht viel zu bedeuten haben. Wir haben uns nicht mit unendlichen Correctionen abgequält, sondern einfach die wichtigeren eingehalten, sonst aber den Controlversuchen überlassen zu zeigen, welche Genauigkeit der Apparat im Ganzen leistet.

c. Anordnungen und Apparate zur Analyse der Luft.

Durch frühere Arbeiten Pettenkofer's und anderen veranlasst, hatten wir Anfangs die Absicht, ausser der von uns später angewandten Methode zur Bestimmung der momentanen Zusammensetzung der Luft, noch eine andere — zur Bestimmung der mittleren Zusammensetzung — anzuwenden. Es wurden sogar mit vielem Zeitaufwand und nicht geringen Kosten Apparate angeschafft und justirt, welche aber nie zur Anwendung gelangten. Die mit der anderen, viel einfacheren Methode ausgeführten ersten Versuche liessen uns nämlich hoffen, eine Genauigkeit zu erreichen, welche kaum durch eine andere übertroffen werden konnte. Diese Hoffnungen wurden während der fortgesetzten Arbeit erfüllt.

Wir gehen alsdann zur Beschreibung der von uns benutzten analytischen Anordnungen über — natürlich unter Fortlassung kleiner Abänderungen, die im Laufe der Arbeit vorgenommen worden sind. Wie erwähnt, beabsichtigten wir — wie vorher Liebermeister — eine genaue Bestimmung der momentanen Zusammensetzung der Luft zu erhalten. Es konnte dies in Betreff des Wassers mit Hülfe eines genauen Hygrometers und in Betreff der Kohlensäure mit Hülfe Pettenkofer's oder Pettersson's[1] Methoden geschehen — mit oder ohne Modificationen.

Bei der Wasserbestimmung versuchten wir verschiedene Instrumente: 1) Hygrometer von K. Sondén;[2] 2) das gewöhnliche August'sche Psychrometer; 3) Thaupunktapparat (letzteren bei einem einzigen Versuche am 6. März 1894). Von diesen Instrumenten waren das Psychrometer und der Thaupunktapparat innerhalb der Respirationskammer aufgestellt und wurden von aussen abgelesen. Zu Sondén's Hygrometer wurde die Luft durch Röhrenleitung zugeführt, was aber

[1] Siehe unten.

[2] K. Sondén, *Bih. t. K. Vet. Akad. Handl.* Bd. XVII, Abth. I, Nr. 5.

wahrscheinlich dazu beitrug, die Anwendung dieser Methode unmöglich zu machen. Zufolge Absorption[1] des Wasserdampfes an den Röhren und Gefässen fielen nämlich bei schnell ansteigender Feuchtigkeit die Resultate immer zu niedrig aus. Von Psychrometern wurden zwei angewandt, das eine in der Kammer, nämlich auf die Weise, dass Ablesung durch das Fenster (Taf. I und III *G*) möglich war, das andere in dem Zuleitungsrohr für frische Luft (Taf. I *R*). Die Thermometer waren an der letzteren Stelle L-förmig.

Der Thaupunktapparat bestand aus einer Kugel von dünnem Messingblech, das auswendig vernickelt und polirt war. Mittels Durchblasens von Luft durch Aether wurde die Temperatur bis zum Thaupunkte herabgesetzt. Ein Apparat war in der Kammer, ein anderer im Freien aufgestellt. Das Ablesen geschah durch die bezw. Fenster. Der Aetherdampf wurde durch eine besondere Röhre fortgeleitet und gelangte also nicht in die Kammerluft. In Betreff der Genauigkeit der einzelnen Bestimmungen kann man kaum näher als 0·1 mm Quecksilberdruck kommen. Wenn aber auch der Fehler der Wasserdampfbestimmung selber viel grösser wäre, so würde er im Vergleiche zu anderen der Wasserbestimmung anhaftenden Fehlerquellen ohne Belang sein. Wir kommen später hierauf zurück.

Für die Correction des abgelesenen Kohlensäuregehaltes ist Kenntniss des approximativen Wasserdampfgehaltes der Luft nöthig. Zu diesem Zwecke sind die Methoden unnöthig genau.

Um die für die Kohlensäurebestimmung abgesehenen Proben zu erhalten, wurde (vgl. Taf. V, Fig. 1) von dem Hauptrohre (*U*) eine besondere Leitung engerer Röhren (π) abgezweigt, durch welche mit Hülfe einer Wasserstrahlluftpumpe Luft an den Einströmungsöffnungen des Analyseapparates (*Y*) oder aber eines besonderen Behälters (ϑ) vorbeigesogen wurde. Die Röhre führte nicht direct nach der Luftpumpe, sondern mündete zuerst in eine kleine Gasuhr (τ), wo die diesen Weg strömende Luft gemessen wurde, weiter von der Gasuhr nach einem aus einer Flasche mit Gummistopfen hergestellten Quecksilberventil Γ, wo auch die für die Aussenluft abgesehene Röhre ζ mündete. Von dem Quecksilberventil Γ führt ein Verbindungsrohr (λ) nach der Luftpumpe. Wird durch die letztere die Luft in Γ verdünnt, so strömt neue Luft sowohl durch die Röhre π, als auch durch die Röhre ζ zu. Ob mehr oder weniger Luft den einen oder den anderen Weg kommt, beruht darauf, wie tief die eine oder andere Rohröffnung in dem Quecksilber steht. Je weniger Gegendruck zu überwinden ist, desto mehr Luft

[1] Gmelin-Kraut, *Handb. d. anorg. Ch.* 6. Aufl. Bd. I. Abth. 1. S. 583.

strömt natürlich hindurch. Die Miescher'schen[1] Hähne ψ und φ dienen dazu, die Luft entweder aus dem Behälter ϑ, oder von der Aussenluft nach dem Analyseapparat zu leiten.

Der Behälter ϑ, von welchem wir zuweilen zwei anwendeten, besteht aus einer Pipette, oben mit einem Miescher'schen, unten mit einem gewöhnlichen Hahne versehen, welche Pipette durch einen umwickelten Gummischlauch mit einem zu hebenden oder zu senkenden Quecksilbergefässe in Verbindung steht. Ist die Pipette voll Quecksilber, lässt man (durch Senken des hängenden Gefässes und Oeffnen des unteren Hahnes) Quecksilber ausfliessen, wodurch Luft durch die eine Oeffnung des oberen Hahnes aus der Leitung eintritt. Nach Entnahme der Luftprobe treibt man durch Heben des Quecksilberbehälters die Luft durch die andere Hahnöffnung, weiter durch die capillaren Glasröhren in den Analyseapparat herüber. (Vgl. Taf. II, IV, wo die Bezeichnungen die nämlichen sind, wie auf Taf. V.)

Da die von uns angewandte, von K. Sondén modificirte, Pettersson'sche Analysemethode[2] zwar öfters schon, doch nicht in der ausländischen, physiologisch-hygienischen Litteratur publicirt ist, haben wir es für zweckmässig gehalten, die Methode und den Apparat in der von uns angewandten Form zu beschreiben.

Versteht man unter „relativem Druck" den Druck einer gewissen Gasmasse, verglichen mit dem Drucke einer gewissen anderen, so kann, wie bekannt, das von Pettersson angegebene Princip so ausgedrückt werden: dass man die Analyse unter constantem relativem Drucke ausführt. Es geschieht dies dadurch:

1. dass das zu analysirende Gas (Luft) während der ganzen Untersuchung von der äusseren atmosphärischen Luft abgeschlossen ist. Aenderungen in dem Barometerstand bleiben dann natürlich ohne Einfluss.

2. dass das Analysegefäss durch ein sehr empfindliches Differentialmanometer mit einem anderen Gefässe (Compensator) in Verbindung steht. Jede einseitige Aenderung des Druckes in dem einen Gefässe wird an der Flüssigkeit des Differentialmanometers sichtbar; und nur wenn der Druck (d. h. der relative Druck) in beiden Gefässen gleich ist, bleibt die Flüssigkeit unverändert ruhig. Stehen die beiden Gefässe in einem gemeinsamen grossen Wasserbehälter, dessen Flüssigkeit

---

[1] Vgl. Franz Müller's (Geissler's Nachf.), Bonn, Preislisten.

[2] O. Pettersson, *Zeitschr. f. anal. Ch.* Bd. XXV, S. 467. K. Sondén, *Zeitschr. f. Instrumentenkunde.* 1889. S. 472. *Zeitschr. f. anal. Ch.* Bd. XXVI, S. 592. O. Pettersson und A. Palmquist, *Ber. d. d. Chem. Ges.* 1888. S. 2129.

in stetiger Bewegung gehalten wird, damit die Temperatur überall gleichförmig sei, so wird der relative Druck von Aenderungen der Temperatur unabhängig. Enthalten schliesslich die beiden Gefässe ein wenig Wasser, so sättigt sich die Luft bei der waltenden Temperatur mit Feuchtigkeit.

Durch Absorption eines gewissen Bestandtheiles der Luft wird das Gleichgewicht gestört, und kann nur durch Verminderung des einen Gasvolumens (in der Pipette II) oder Ausdehnung des anderen (in I) wieder hergestellt werden. Diese Verminderung, bezw. Ausdehnung, ist dann ein sehr genaues Maass des absorbirten Gasquantums.

Taf. V, Fig. 2 zeigt die praktische Anordnung des von uns angewandten Apparates zur Kohlensäurebestimmung der Luft. Im Glasbehälter Q stehen die Glaspipetten I und II, alle beide von der nämlichen Grösse und wo möglich auch von der nämlichen Glasstärke. Dieselben sind mit Hülfe von Quecksilber genau geaicht und mit den genau calibrirten Röhren „0—4“ und „4—0“ versehen. Nach oben setzen die Pipetten mit den Capillaren III und IV fort, die durch die 3-Weghähne V und VI entweder mit dem Differentialmanometer VII oder durch bezw. XI und XII mit der äusseren Luft in Verbindung gesetzt werden können. Das Differentialmanometer VII enthält ein einziges Tröpfchen Oel, das die Röhre in einer Länge von 2 bis 3 mm füllt. Auch die kleinste Aenderung des Druckes an der einen oder anderen Seite von diesem „Index“ bewirkt bei ihm eine Bewegung. Stehen die beiden Seiten des Index mit bezw. I und II in freier Gascommunication, so bleibt er nur dann ruhig stehen, wenn der Druck in I und II völlig gleich ist. Absorbirt man — durch Einführung der Luft in das Absorptionsgefäss X (durch den Hahn VIII) — die Kohlensäure, so entsteht, wenn man die jetzt zurückbleibende Luft wieder in II zurückführt und dieselbe auf das Anfangsvolumen zurückbringt, ein gewisses Vacuum.

Das so gestörte Gleichgewicht zwischen dem in I und II existirenden Luftdruck kann in zweierlei Weise wieder hergestellt werden: entweder durch Einführen von soviel Quecksilber in II, wie man Kohlensäure weggenommen hat, oder durch Auslaufenlassen von soviel Quecksilber aus I, dass die Luft dort gerade soviel verdünnt wird, wie sie es in II durch Verschwinden der CO_2 bei unverändertem Volumen geworden wäre.

Bezeichnet A das Volumen von I, und B das Volumen von II; sind weiter die eingetheilten Röhren an I und II mit der nämlichen Eintheilung versehen, so wird die Beziehung zwischen der Volumenverminderung in II (d. h. dem wirklichen Kohlensäuregehalt der analy-

sirten Luft, $= x$) und der entsprechenden Volumenvergrösserung in I ($= \alpha$) durch folgende Gleichung dargestellt:

1) $$\frac{B-x}{B} = \frac{A}{A+\alpha} \quad \text{woraus:} \quad x = \frac{\alpha B}{A+\alpha}.$$

Bemerkung: Bequemer wäre es gewesen, wenn man bei Anfertigung des Apparates die Eintheilung so gemacht hätte, dass diese Rechnung überflüssig geworden wäre. Die Theilstriche an der Compensatorröhre (I) kommen dann aber natürlich nicht in gleichen Abstand von einander.

Die Eintheilung ist jetzt aber so hergestellt, dass jeder Haupttheil (0—1, 1—2 u. s. w.) = $^1/_{1000}$ des Volumens von dem Nullstriche bis zu dem Hahne der betreffenden Pipette ausmacht. Der Haupttheil ist weiter in 25 kleinere graduirt, von denen also jeder $^1/_{25000}$ des Pipettenvolumens entspricht. Durch Schätzung kann man bis zu $^1/_{250000}$, d. h. 0·000004 oder 0·004 pro Mille kommen. Wir werden später auf die wirkliche Genauigkeit des Apparates zurückkommen. Der grösste Kohlensäuregehalt, der mit dem Apparate bestimmt werden kann, ist 7·97 pro Mille; d. h. bei Anwendung der Pipette II allein: 4 pro Mille, und bei Fortsetzung mit der Pipette I noch 3·97 pro Mille dazu. Die Pipette II steht nach unten durch das mit Tuch umkleidete Schlauchstückchen (XIII) mit dem Hahne XIV, dieser durch den mit Draht umwickelten Schlauch (XV) mit dem Gummigefäss XVI in Verbindung. Die Pipette I ist unten mit einem ebenfalls mit Tuch umkleideten Gummibeutel (XVII) versehen. Sowohl das Gefäss XVI als der Beutel XVII enthalten Quecksilber. Zur letzten, feinsten Einstellung des Quecksilbers in den betreffenden Röhren dienen 2 Quetschschrauben (m_1 und m_2, auf der Zeichnung nur mit Strichen markirt). Statt dieser Schläuche mit ihren Quetschschrauben haben wir später Mikrometerschrauben angewandt, die in die Quecksilbermasse hineingeschraubt werden, ungefähr wie bei den Reichert'schen Thermoregulatoren. Dadurch erhält man ein viel schnelleres und sichereres Einstellen. Zur Einstellung des Index ist die Röhre VII mit einer (willkürlichen) Eintheilung versehen. Alle Volumenbestimmungen sind von uns selbst durch Auswägen mit Quecksilber gemacht, wobei wir die einzelnen Theile des Apparates nicht aus den Augen gelassen haben, ehe alle nothwendigen Marken eingeätzt waren. Bei der Anfertigung eines Präcisionsapparates von dieser Art halten wir es nämlich nicht für erlaubt, sich auf andere — sei es noch so geschickte Instrumentenmacher — zu verlassen. Wir haben als Maasseinheit das Volumen von 1 Gramm reines Quecksilber bei $+18^0$ C. gewählt. Die Pipetten

fassen etwa 1000 dergl. Volumeneinheiten. Welches absolute Volumen die Pipette enthält, ist übrigens gleichgültig, wenn nur die Beziehung zwischen der Pipette und der Scala richtig ist.

Das Stativ des Apparates ist aus vernickeltem Messing und steht auf einer Mahagonischeibe. Die in dem Glasgefäss Q enthaltene Wassermasse wird durch eingepresste Luft in stetiger Bewegung gehalten. Diese Luft kommt aus einer besonderen Leitung (vgl. Taf. II), die mit der oben erwähnten Wasserstrahlluftpumpe in Verbindung steht. Der Anschluss des Apparates an die Röhrenleitung ist aus Taf. IV und Taf. V, Fig. 1 ersichtlich. Der Hahn V ist durch ein ganz kurzes Zweigrohr mit der Rohrleitung φ—χ verbunden.

Die Analyse wird in folgender Weise ausgeführt. Man sieht zuerst nach, ob in den Pipetten etwas Wasser — zum Anfeuchten der Luft — über dem Quecksilber ist, weiter, ob die zur Absorption der Kohlensäure dienende Lauge im Capillarrohre des Absorptionsgefässes (X) an der Marke (μ) steht; wo nicht, bringt man sie genau dahin. Die Probe wird nun durch Senken des Quecksilberbehälters XVI und Oeffnen der betreffenden Hähne entweder direct aus der Leitung oder aus dem Behälter ϑ_1 (Taf. V, Fig. 1) hereingenommen, wobei die Vorsicht gebietet, die Capillaren mit der zu analysirenden Luft zuerst auszuwaschen. Nach Absperrung der betreffenden Hähne ist es wünschenswerth, dass ein gelinder Ueberdruck in der Pipette II vorhanden ist. Lässt man nun durch den einen Weg des Hahnes χ diesen Luftüberschuss austreten, so erhält man in der Pipette II Atmosphärendruck, ohne Gefahr zu laufen, irgend welche fremde Luft durch die sehr engen Capillaren hereinzubekommen. Jetzt wird (durch den Hahn VI) die Pipette I ebenfalls mit der Aussenluft in Verbindung gesetzt. Die Scala wird in II auf 0, in I auf etwa 0·5 eingestellt. Nun wird das Indexrohr (VII) durch die Hähne VI und V je mit der Pipette I und II verbunden, die zu der Pipette II gehörende Scala auf 0 gestellt, weiter auch der Index, wenn er nicht schon auf 0 steht, mit Hülfe der Quetschschraube (Mikrometerschraube) m_1 auf 0 (d. h. so, dass der Nullstrich den Index in 2 Hälften theilt) eingestellt. Man hat nun nachzusehen, ob sich die Einstellungen im Laufe einer Minute ändern. Sobald dies nicht der Fall ist, zeichnet man die Ablesung der Scala I an, und geht weiter. Der Hahn V wird nun nach allen Seiten hin geschlossen, der Hahn VIII aber geöffnet; die Luft dann aus II ins Absorptionsgefäss X hineingetrieben, wieder in II zurückgebracht, dasselbe nochmals wiederholt; nun wird das Niveau der Lauge an der Marke (μ) eingestellt, der Hahn VIII geschlossen und der Hahn V geöffnet. Hat sich die Einstellung des Quecksilberniveaus in I geändert, wird es in

die Anfangslage zurückgebracht. Mit Hülfe der Quetschschraube (Mikrometerschraube) m_2 wird nun das Quecksilber in II so gestellt, dass der Index auf 0 bleibt, und dann abgelesen. Ist der Kohlensäuregehalt über 4 pro Mille, so kann der Index nicht mit Hülfe der Scala II allein auf 0 gebracht werden, sondern man muss dann mit der Scala I fortsetzen, d. h. das Quecksilberniveau in I so weit senken, bis der Index auf 0 zurückkehrt. Nach der Formel 1) S. 18 wird dann das Resultat ausgerechnet. Nach beendigter Analyse treibt man die Luftprobe durch Quecksilber aus.

Wie bei jeder an feuchtem Gase vorgenommenen Absorptionsanalyse erhält man auch hier Resultate, die sich auf Trockenheit beziehen. Wo es aber wie hier auf ein genaues Berechnen des absoluten Kohlensäuregehaltes der Luft ankommt, muss man eine Correction für den Einfluss des in der Respirationskammerluft befindlichen Wasserdampfes anbringen. — Wird der durch Analyse gefundene Kohlensäuregehalt mit β bezeichnet, der corrigirte mit β_k, der Feuchtigkeitsdruck der Kammerluft mit p, und der Barometerstand mit B, so gilt folgende Gleichung

$$2) \qquad \beta_k = \beta\left(1 - \frac{p}{B}\right)$$

Da die Grösse $\frac{1}{B}$ klein ist, so kann für viele Fälle (stets, wenn das Wasser nicht bestimmt werden soll) eine approximative Bestimmung von p ausreichen. Wir haben dies in den Analysenresultaten mit „approx." angegeben.

d. Die Genauigkeit der Methode.

Auf Grund gemachter Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft äussert A. Palmqvist:[1] „Die Differenz zwischen zwei Analysen derselben Luft übersteigt selten ein Hunderttausendstel des ganzen Volumens." Wir haben die von Palmqvist angeführten, aus 307 doppelt gemachten Proben erhaltenen Ziffern mit Hülfe der kleinsten Quadratmethode näher geprüft, wobei der wahrscheinliche Fehler jeder einzelnen Bestimmung $(\varrho) = 0{\cdot}0000064$ wird. Um unsere Arbeit zu controliren, machten wir nach Ausführung von 126 doppelt gemachten Proben die gleiche Berechnung, wobei ein wahrscheinlicher Fehler $= 0{\cdot}0000063$ erhalten wurde (0·0063 pro Mille). Diese Ziffer gilt, wenn die beiden Luftproben aus einem Glasbehälter

[1] A. Palmqvist, *Bih. t. K. Sv. Vet. Akad. Handl.* Bd. XVIII, Abth. II, Nr. 2, S. 5.

genommen waren. Bei Proben, welche so gleichzeitig wie möglich aus der Rohrleitung geholt wären — wobei Mangel an Homogenität der Luft und andere Factoren von Bedeutung waren — wurde der wahrscheinliche Fehler (aus 66 doppelten Proben berechnet) = 0·0000087 (= 0·0087 pro Mille). Um im Folgenden anzugeben, ob zwei oder mehrere gleichzeitige Proben aus der Rohrleitung geholt sind, haben wir diese mit bezw. I), II), III) u. s. w. bezeichnet.

Es wäre ja denkbar, dass die Methode zwar übereinstimmende Resultate gäbe, jedoch mit irgend einem constanten Fehler behaftet sei. Ein solcher würde sich jedoch bei den Controlversuchen (siehe unten) bemerkbar gemacht haben, was aber nicht der Fall gewesen ist. Die Methode mit Hülfe einer anderen zu probiren, hat deswegen keinen Sinn, weil es keine andere Methode giebt, die hinlängliche Genauigkeit darbietet.[1]

e. Instrumente zur Bestimmung des Luftdruckes und der Temperatur.

Bei den Versuchen wurde ein gewöhnliches Heberbarometer mit Glasscala angewandt. Temperaturcorrection wurde nach gewöhnlichen Tabellen ausgeführt. Wir haben den corrigirten Barometerstand nur in ganzen Millimetern angegeben. Zur Bestimmung der Temperatur benutzten wir theils Quecksilberthermometer, theils auch sogenannte Distanzthermometer (Luftthermometer). Erstere waren in $^1/_5$ oder $^1/_{10}$ Grad eingetheilt und mit Hülfe eines Normalthermometers[2] genau justirt. Die Distanzthermometer waren deswegen nothwendig, weil die Temperatur an einigen Stellen gemessen werden musste, wo keine Gelegenheit zur Ablesung vorhanden war, z. B. an verschiedenen Stellen der Respirationskammer. Die Construction dieser Instrumente, die von E. P. Bonnesen[3] angegeben ist, ist sehr einfach. Ein trockene Luft enthaltender Behälter von etwa 300 ccm ist an der Stelle, wo die Temperatur gemessen werden soll, aufgesetzt. Derselbe steht durch ein capillares Bleirohr mit dem sonst offenen Schenkel eines Barometers in Verbindung. Das System ist also von der atmosphärischen Luft abgesperrt, weshalb die Variationen des Quecksilberniveaus in der Barometerröhre nur von der Temperatur des Behälters abhängen. Um Fehler durch Undichtigkeiten oder Oxydation möglichst zu vermeiden, ist der Behälter aus Glas

---

[1] Vgl. O. Pettersson, *Zeitschr. f. anal. Chemie.* XXV, S. 477.

[2] Angefertigt von Franz Müller, Bonn. Controlirt bei dem Kaiserl. Reichs-Aich-Amte.

[3] Schwed. Patent 1880, No. 205.

angefertigt. Die Ablesung geschieht in dem Apparatenzimmer, wo die Barometerröhren neben einander (Taf. II A_1) aufgesetzt sind. Die betreffenden Behälter waren an folgenden Stellen angebracht:

1. in der Mitte der Respirationskammer (Taf. III *B*);
2. in der oberen Ecke über dem grossen Fenster;
3. in der Ausströmungsöffnung der Luft aus der Kammer;
4. unterhalb der „Schleuse", die mit dem Apparatenzimmer communicirt.

Wir haben im Folgenden die betreffenden Distanzthermometer mit *B*, *C*, *D*, *E* bezeichnet. In Betreff der Genauigkeit dieser Instrumente muss erwähnt werden, dass sie nicht mit der von gewöhnlichen Quecksilberthermometern wetteifern kann. Zwar ist der Fehler durch den schädlichen Raum der Rohrleitung sehr unbedeutend. Die längste hier vorkommende Röhre fasst etwa 3 Procent vom Volumen des betreffenden Behälters; weil aber dieser „schädliche Raum" zum grössten Theil innerhalb der Respirationskammer verlegt ist, wo überall beinahe die nämliche Temperatur waltet, so bleibt er fast ohne Bedeutung. Dagegen kommt ein anderer Fehler vor, der ziemlich schwer zu erklären ist. Sämmtliche Distanzthermometer zeigen nämlich ein fortdauerndes Nachsinken, wie folgende graphische Tabelle (Fig. 1) zeigt. Die Ab-

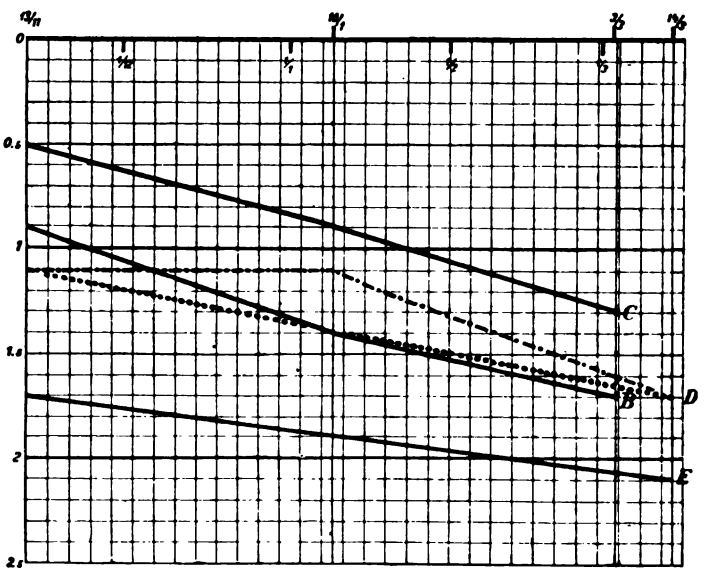


Fig. 1.

scisse giebt die Zeit, die Ordinate den Thermometergrad an, um welchen das betreffende Thermometer zu niedrig zeigt. Mit Ausnahme von *D*,

bei welchem irgend eine zufällige Störung stattgefunden hat, haben sich die übrigen so regelmässig geändert, dass gute Correctionen angebracht werden können. Bei dem Thermometer D scheint der Fehler nicht über 0·3 Grad gestiegen zu sein. Ausserdem ist das Thermometer D keiner Berechnung zu Grunde gelegt; dasselbe ist nur deswegen abgelesen worden, um eine Controle zu haben, dass keine grössere Differenz existire zwischen der Temperatur des Raumes und der aus dem Raume abgehenden Luft. Bei 84 willkürlich gewählten Serien von Thermometerablesungen war die mittlere Differenz $\frac{B+C+E}{3} - D = 0{\cdot}3^0$ und die grösste beobachtete Differenz $= 0{\cdot}9^0$.

f. Vorkehrungen zu einem Respirationsversuche.

Die allgemeinen Vorkehrungen sind zweierlei, theils solche, die nur zuweilen vorgenommen werden, theils auch solche, die bei jedem Versuche wiederholt werden müssen. Erstere sind:

1. Controliren des Wasserstandes der Gasuhren. — Weil die kleine Gasuhr mit nicht verdampfendem Paraffinöl gefüllt ist, bezieht sich das Controliren nur auf die beiden grossen Uhren. Wie schon erwähnt, können diese aber Monate lang ohne jede Justirung bleiben.

2. Controliren der hydraulischen Verschlüsse. Bei Abheben der betreffenden Deckel tröpfelt ein wenig Sperrflüssigkeit (Paraffinöl) weg, weshalb man dann und wann nachsehen muss, ob noch genug da ist.

3. Justirung der Thermometer, speciell der Distanzthermometer (vgl. oben).

Vor jedem Versuche hat man Folgendes nachzusehen:

1. Die Respirationskammer muss gut gelüftet sein. Das Auslüften geschieht am zweckmässigsten unmittelbar nach jedem Versuche, wodurch die Kammer für einen neuen stets bereit steht. Wir haben zu dieser Ventilation denselben kleinen Ventilator angewandt, der zum Mischen der Luft dient. Derselbe, welcher dann in ein passendes Gestell eingesetzt wird, saugt die Luft aus dem Freien durch ein offenes Fenster des Apparatenzimmers, weiter durch dieses Zimmer und zuletzt durch die offen gelassene „Schleuse" S—S (Taf. I) in die Respirationskammer herein, und bläst sie durch die Glocke K (Taf. III) in die Vorhalle hinaus. Die Luft wird in dieser Weise sehr schnell erneuert, und der Kohlensäuregehalt derselben kann — wie aus den unten angeführten Originalziffern ersichtlich ist — in kurzer Zeit bis auf etwa 0·4 pro Mille herabgesetzt werden.

2. Der Wasserstand der Ventile und der Wasserbehälter des Pumpwerkes muss nachgesehen werden.

3. Die nassen Thermometer der Psychrometer müssen frisch angefeuchtet und mit hinlänglichem Wasservorrath versehen werden.

4. Der Analyseapparat muss auf oben angegebene Weise fertig zur Arbeit sein.

5. Der Behälter ϑ_1 (Taf. II) muss mit Quecksilber gefüllt sein, und der dazu gehörende Recipient seine untere Lage einnehmen.

6. Die Maschine mit ihren Transmissionen muss nachgesehen und geschmiert werden.

7. Etwa $^1/_2$ Stunde vor dem Versuche muss der Mischungsventilator in Thätigkeit gesetzt werden — um gute Luftmischung zu erhalten.

8. Wägungen von Versuchspersonen (Lampe, Kerze, Wasser o. a.) werden vorgenommen.

Ueberlässt man es dem Laboratoriumdiener, die Maschine, das Pumpwerk und die Psychrometer nachzusehen, sowie auch den Ventilator in Thätigkeit zu setzen — wozu er etwa $^1/_4$ Stunde braucht — so nehmen die übrigen Vorkehrungen zu einem Versuche kaum zehn Minuten in Anspruch. Nach mehrmonatlichem Stehen, wobei alle Gummischläuche erneuert werden mussten, der Analyseapparat auseinander genommen, gewaschen und mit neuer Lauge versehen, Wasser in die Gasuhren und ins Pumpwerk, Oel in die Verschlüsse gegossen werden musste u. s. w., bedurfte es im Ganzen zwei Tage, um den Apparat wieder fertig für die Arbeit zu machen.

§ 3. Das Ausführen eines Versuches.

Bei den ersten Versuchen war die technische Ausführung ein wenig anders, als bei den späteren. Wir untersuchten da nämlich die Luft der Kammer vor dem Eintritt der Versuchsmenschen, von denen sich bei diesen Versuchen gewöhnlich mehrere auf einmal in der Kammer befanden. Der zuerst Eintretende ging etwa $^1/_2$ Minute vor der annotirten Anfangszeit, der letzte ebenso lange nach dieser Zeit hinein. Sowie der letzte hereingekommen war, wurde der Deckel aufgelegt und die Maschinerie in Thätigkeit gesetzt. Die Ablesung der Gasuhren, der Thermometer, sowie die Bestimmung der Kohlensäure fand jede $^1/_2$ Stunde statt, die Ablesung der Psychrometer öfters. Wir änderten aber bald die Arbeitsweise dahin, dass alle Versuchspersonen auf einmal eintraten, und zwar einige Minuten vor dem eigentlichen Anfang des Versuches, wonach die Kammer geschlossen, und die Maschinerie in Thätigkeit gesetzt wurde. Die erste Ablesung, bezw. Analyse, geschah also erst, nachdem der Apparat in regelmässigen

Betrieb gekommen war. Jetzt folgten, wie vorher, in bestimmten Zeiten Ablesungen und Analysen. Bei den Controlversuchen (mit Lampe oder Kerze) begannen wir den Versuch mit dem Einschieben des betreffenden Objectes. Nachdem es durch Anschaffung des Behälters ϑ_1 (Taf. II, IV und V) möglich wurde, durch einfaches Umdrehen eines Hahnes eine Luftprobe in einem gewissen Momente zu entnehmen, so wurde es einer einzigen Person ohne Schwierigkeit möglich, einen Respirationsversuch allein auszuführen, wenn er nicht durch lange Zeitdauer (z. B. 24 Stunden) 2 Arbeitende voraussetzte. Zwar hat man einige Operationen und Ablesungen innerhalb $^1/_2$ Minute auszuführen (Ablesen der Gasuhren und des einen Psychrometers, Umdrehen des Hahnes zur Entnahme der Luftprobe); die übrigen Ablesungen der Thermometer und des Barometers brauchen nicht so eilig vorgenommen zu werden, da sich jene Instrumente verhältnissmässig langsam ändern.

Die Ausführung eines Versuches ist am besten aus dem beigelegten Protocolle eines Versuches — vom 16. bis 17. Januar 1895 — ersichtlich (Tab. S. 32 und 33). Die 3 ersten Colonnen enthalten die an den Gasuhren abgelesenen Zahlen. Nach der mit „Zeit" bezeichneten Colonne folgen 7 andere, die die gemeinsame Bezeichnung „Gasvolumina" haben. Hier ist die durch die betreffenden Gasuhren I, II und III zwischen 2 Ablesungen fortströmende Luftquantität angegeben, wobei nachher noch die auf Seite 13 erwähnte Correction anzubringen ist. Die Colonne „I + II + III" giebt die Summe der wirklichen Luftmenge an. Unter T_1, T_2 und $\frac{T_1+T_2}{2}$ ist die Temperatur der beiden grossen Gasuhren angegeben, sowie auch deren mittlere Temperatur. Der Bequemlichkeit halber haben wir dafür gesorgt, dass, wenn beide Gasuhren benutzt wurden, beinahe dieselbe Luftmenge durch die eine, wie durch die andere Gasuhr fortströmt, wodurch die Temperaturcorrection vereinfacht wird. Bei Gasuhr III wurde auf Grund des kleinen durchgehenden Luftvolumens dieselbe Temperaturcorrection wie bei den anderen benutzt. Die zunächst folgenden Colonnen sind ohne Weiteres verständlich.

Unter „einströmende Luft" geben die zwei ersten Colonnen die Psychrometerablesung, die dritte den entsprechenden Feuchtigkeitsdruck (p) und die vierte den Wasserdampf pro Mille während der betreffenden Periode an. Die nächsten Colonnen geben die entsprechenden Psychrometerablesungen und den Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer an. Unter „CO_2" sind die am Analyseapparat abgelesenen Scalentheile („abgelesen") sowie auch der daraus berechnete Kohlensäuregehalt pro Mille angegeben, berechnet auf trockene Luft.

Die für die Barometerablesung abgesehenen Colonnen bedürfen keiner Erklärung. Schliesslich ist eine Colonne für Bemerkungen vorhanden. Das Protocoll enthält in der oben angegebenen Form alles, was zur Berechnung des in der Respirationskammer während der Periode gebildeten Wasserdampfes und der Kohlensäure erforderlich ist.

Berechnung der Resultate.

Bezeichnungen:

A = Luftcubus der Respirationskammer (Cubikmeter).
V_1 = Menge (Cubikmeter) der während der Versuchsperiode aus der Respirationskammer ausströmenden Luft.
V_0 = Menge (Cubikmeter) der in die Kammer einströmenden Luft.
V_g = Menge (Cubikmeter) der die Gasuhren durchströmenden Luft.
T_r = Absolute Temperatur ($273+t^0$ C.) der ausströmenden Luft.
T_i = Absolute Temperatur der einströmenden Luft.
T_g = Absolute Temperatur der Gasuhren.
B = Barometerstand (Millimeter), corrigirt für die Temperatur.
p_1 = Tension des Wasserdampfes (Millimeter) in der Kammerluft am Anfange einer Versuchsperiode.
p_2 = Tension des Wasserdampfes (Millimeter) in der Kammerluft am Ende der Periode.
p_0 = Tension des Wasserdampfes in der einströmenden Luft.
p_g = Tension des gesättigten Wasserdampfes bei der Temperatur T_g.
α = Kohlensäuregehalt (pro Mille) der äusseren Luft (wo nichts anderes angegeben ist $= 0{\cdot}32$).
β = Kohlensäuregehalt der Kammerluft am Anfange einer Versuchsperiode.
γ = Kohlensäuregehalt der Kammerluft am Ende der Periode.
β_k, γ_k = betreff. Gehälter, corrigirt nach der Formel 2) Seite 20.
$\delta = \gamma_k - \beta_k$.
C = Gewicht (Gramm) Kohlenstoff.
H = Gewicht (Gramm) Wasser.
e = Basis der natürlichen Logarithmen.
$Q = \left(1 - e^{-\frac{V_1}{A}}\right)^{-1}$.

Wie schon erwähnt, sind vor der endgültigen Berechnung mehrere Correctionen nöthig.

1. Auf Grund der in den Gasuhren abgelesenen Luftmenge (V_g) — von einer Temperatur T_g und einem Feuchtigkeitsdruck p_g — muss die aus der Kammer weggehende Luftquantität (V_1) von einer

Temperatur T_r und einem Feuchtigkeitsdruck, der annähernd $= \frac{p_1 + p_2}{2}$ ist, berechnet werden. Die Relation zwischen V_1 und V_g wird mit hinlänglicher Genauigkeit durch folgende Relation angegeben:

$$\frac{V_1}{V_g} = \frac{T_r(B - p_g)}{T_g\left(B - \frac{p_1 + p_2}{2}\right)} \qquad 3)$$

Bei kleinen Ventilationsmengen (5 cbm und weniger) fällt diese Correction innerhalb der Fehlergrenzen, weshalb sie dann zwecklos ist.

2. Die einströmende Menge Luft muss berechnet werden. Da der in der Kammer gebildete Wasserdampf ein gewisses Volumen Luft verdrängt, wird die einströmende Luftmenge (V_0) um diese Quantität kleiner als die ausströmende (V_1). Bezeichnet man mit h_0 das Volumen des durch Verflüchtigung von flüssigem Wasser entstandenen Dampfes, mit h_1 aber das Volumen des durch Verbrennung von Wasserstoff (im Beleuchtungsmaterial oder Nahrungsmittel gebunden) entstandenen, so ist das Gesammtvolumen der durch Dampf verdrängten Luft $= h_0 + \frac{h_1}{2}$ und also

$$V_0 = V_1 - \left(h_0 + \frac{h_1}{2}\right) \qquad 4)$$

Nur beim Brennen von Oel, Stearin oder dergl. kann man die Quantität h_1 sicher berechnen.[1] Im Allgemeinen ist es nur möglich, die Summe $h_0 + h_1$ annähernd zu finden. Im Anfange einer Periode enthält die Kammerluft $A\frac{p_1}{B}$ Cubikmeter Wasserdampf, am Ende der Periode $A\frac{p_2}{B}$ Cubikmeter. Die Kammer enthält also am Ende mehr als im Anfang $= A\left(\frac{p_2 - p_1}{B}\right)$ Cubikmeter. Approx. ist die durch die Ventilationsluft fortgeführte Dampfmenge $= V_1\left(\frac{p_1 + p_2}{2B} - \frac{p_0}{B}\right)$. Die Summe $h_0 + h_1$ ist also (annähernd)

$$= \frac{1}{B}\left[A(p_2 - p_1) + V_1\left(\frac{p_2 + p_1}{2} - p_0\right)\right]. \qquad 5)$$

Die Correction ist kaum nöthig, wenn nicht die Ventilationsmenge 10 cbm erreicht, weshalb man bei geringeren Zahlen $V_0 = V_1$ setzen kann.

3. Die gefundene Kohlensäure muss nach der Formel 2) Seite 20 corrigirt werden.

---

[1] Nach der Gleichung $4H + O_2 = 2H_2O$
Volumen = 0 Volumen = 1 Volumen = 2.

Man kann nun zu der endgültigen Berechnung schreiten.

Die allgemeine, von E. Lenz aufgestellte Formel[1] zur Berechnung gleichförmiger Ventilation eines bekannten Raumes bei constanter Entwickelung von gewissen Gasen und constanter Zusammensetzung der zuströmenden Luft ist bekanntlich die folgende (wobei x die während der Periode sich entwickelnde Kohlensäure [Cubikmeter] bezeichnet):

$$\frac{1000\,x + V_0\,\alpha - V_1\,\gamma_k}{1000\,x + V_0\,\alpha - V_1\,\beta_k} = e^{-\frac{V_1}{A}}.$$

Dieser Gleichung kann folgende Form gegeben werden:

6) $$x = 0{\cdot}001\,[V_1\,(\beta_k + \delta Q) - V_0\,\alpha]$$

Aehnlich wird die Wasserdampfmenge (y) gefunden:

7) $$y = \frac{1}{B}\,[V_1\,(p_1 - Q\{p_2 - p_1\}) - V_0\,p_0]$$

Bei unseren Arbeiten haben wir eine Tabelle über „Q“, wenn $\frac{V_1}{A}$ bekannt ist, berechnet. Die Formeln 6) und 7) sind zwar theoretisch richtig; eine nähere Kritik zeigt aber, dass sie nur innerhalb gewisser Grenzen anwendbar sind, sowie auch, dass ihre Genauigkeit bei abnehmender V_1 schnell abnimmt; für $V_1 = 0$ lassen sich die Formeln nicht appliciren. Beistehende Curve (Fig. 2) zeigt den Werth von $Q\left[= \left(1 - e^{-\frac{V_1}{A}}\right)^{-1}\right]$, wenn V_1 sich dem Nullwerth nähert. Ein Fehler beim Messen von V_1 multiplicirt sich dabei in sehr ungünstiger Weise. Nehmen wir z. B. an, dass bei $A = 100^{\text{cbm}}$ $V_1 = 2 \pm 0{\cdot}2^{\text{cbm}}$ sei, so liegt $\frac{V_1}{A}$ zwischen 0·018 und 0·022 und Q zwischen 55·6 und 45·5. Dem Werthe $V_1 = 10 \pm 0{\cdot}2$ aber entspricht

$$Q = 10{\cdot}75 \text{ oder}$$
$$Q = 10{\cdot}31$$

und dem Werthe $V_1 = 30 \pm 0{\cdot}2$: $Q = 3{\cdot}88$, bezw. 3·83.

Diese Unannehmlichkeiten umgeht man durch Anwendung einer approximativen Formel, wesentlich nach denselben Principien wie die Formel 5) aufgestellt. Der Zuwachs an Kohlensäuregehalt pro Mille, bezw. an Tension des Wasserdampfes in der Kammerluft ist genau bekannt. Derselbe ist (in Cubikmetern) $= A\delta$, bezw. $= A\frac{p_2 - p_1}{B}$. Bei kleinen Ventilationsmengen kommt man der Wahrheit sehr nahe, wenn man die durch die Ventilationsluft fortgeführte Kohlensäure einfach aus dem

[1] Vgl. z. B. Jacoby, Ueber Ventilationsformeln. *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XIV, S. 1. 1878.

Product $V_1 \frac{\beta_k + \gamma_k}{2} \left[= V_1 \left(\beta_k + \frac{\delta}{2} \right) \right]$ berechnet. Schliesslich erhält man (exact) den Abzug für die durch die atmosphärische Kohlensäure zu-

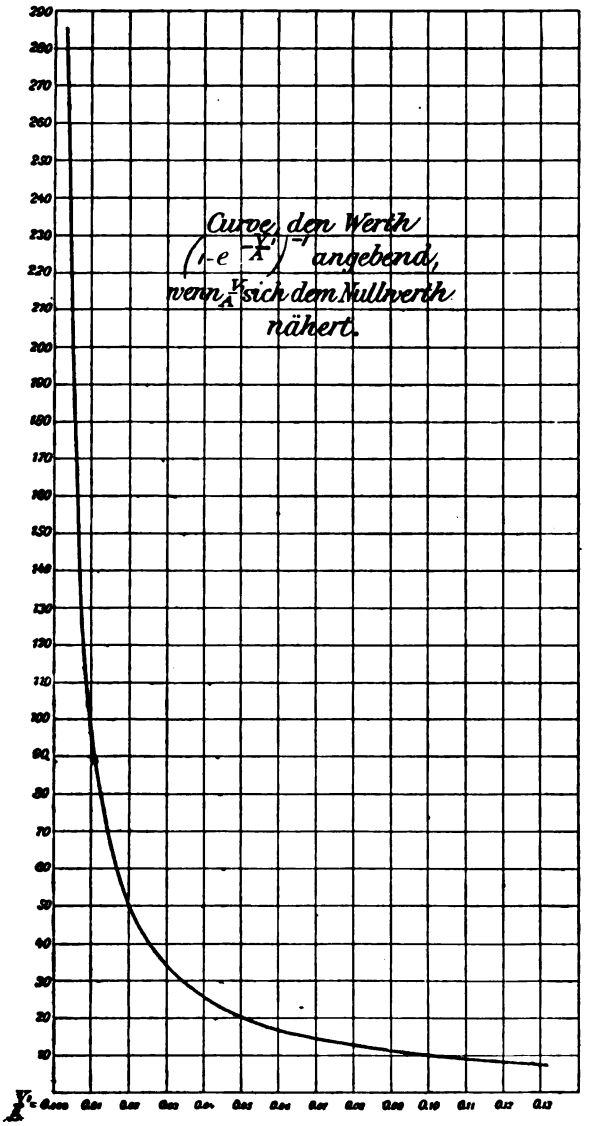


Fig. 2.

geführte Quantität CO_2 = dem Producte $V_0 \alpha$. Die producirte Kohlensäure (x) bezw. der Wasserdampf (y) ist demnach

8) $$x = 0{\cdot}001\left[A\delta + V_1\left(\beta_k + \frac{\delta}{2}\right) - V_0\alpha\right]$$

9) $$y = \frac{1}{B}\left[A\,(p_2 - p_1) + V_1\left(\frac{p_1 + p_2}{2}\right) - V_0 p_0\right]$$

Ist $V_0 = 0$, so sind die Formeln 8) und 9) auch theoretisch exact. Aller Wahrscheinlichkeit nach geben sie aber auch bei ziemlich grossen Ventilationsmengen (wenigstens bei $V_1 = 10$) ebenso genaue Resultate wie die Formeln 6) und 7). Letztere setzen nämlich eine Gleichmässigkeit der Temperatur, der Ventilationsgeschwindigkeit, der Kohlensäureproduction u. s. w. voraus, welche nur annähernd erreicht wird. Beistehende graphische Darstellung (Fig. 3) des Controlversuches vom 11. November zeigt den Zuwachs der Kohlensäure während des Versuches. Denkt man sich die producirte Kohlensäure durch die Area repräsentirt, die von der Curve *a m b n c d e*, der Ordinate *e f* und der Linie *f a* begrenzt ist, so würde dies der Berechnung nach Formel 6) entsprechen. Der Formel 8) würde dann aber das Polygon *a b c d e f a* entsprechen. Die Differenz der beiden Flächen ist auffallend klein und für die beiden letzten Perioden kaum wahrzunehmen.

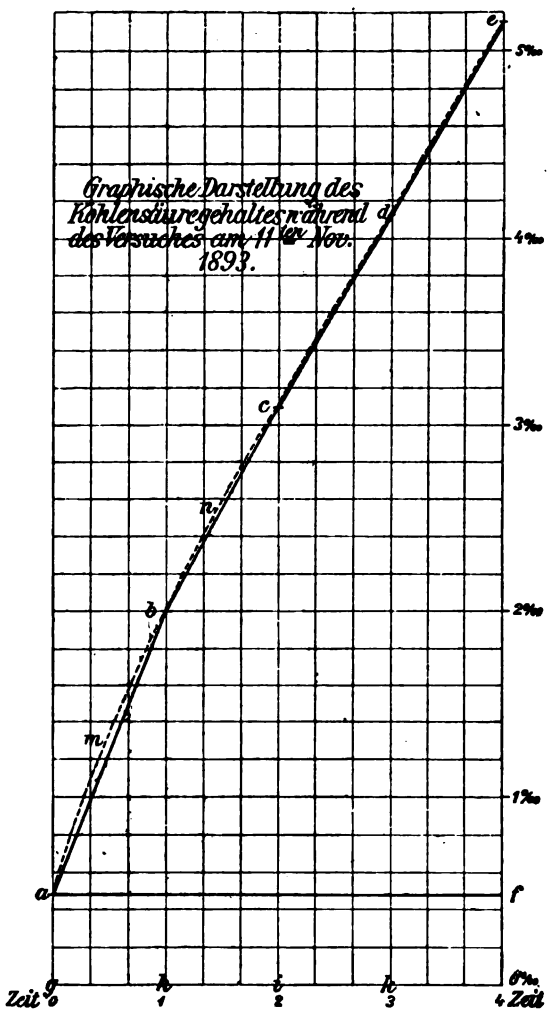


Fig. 3.

Wir sind bei unseren Berechnungen der Regel gefolgt, dass wenn $\frac{V_1}{A} = 0{\cdot}1$ oder kleiner ist, so wird die Formel 8), sonst die Formel 6) angewandt. Sind x und y gefunden, so werden

C und H nach den folgenden, von selbst verständlichen Formeln gefunden:

$$C = 0{\cdot}5363 \times \frac{273}{T_r} \times \frac{B}{760} \times x \qquad 10)$$

$$H = 0{\cdot}8048 \times \frac{273}{T_r} \times \frac{B}{760} \times y \qquad 11)$$

Die Kohlensäure $= \frac{11}{3} C$.

Durch Aufstellen von Tabellen haben wir uns die Berechnungen sehr erleichtert.

§ 4. Die Controlversuche.

Wenn man die einzelnen in der Berechnung vorkommenden Quantitäten innerhalb der Grenzen der wahrscheinlichen Fehler variiren lässt, so würde man zwar den Einfluss jeder einzelnen Fehlerquelle einigermaassen beurtheilen können. Weil es aber auf diese Weise nicht möglich wäre, den Gesammtfehler des Versuches auszufinden, so wäre mit der Berechnung nur wenig gewonnen. Um aber die wirkliche Genauigkeit der Methode kennen zu lernen, haben wir eine Reihe von Controlversuchen ausgeführt. Wir haben dann, wie früher Pettenkofer, Voit, Stohmann u. A. eine bekannte Menge analysirtes Brennmaterial in der Kammer verbrennen lassen und die daraus gebildete Kohlensäure, bezw. den Wasserdampf bestimmt. Bei den meisten Versuchen haben wir sogenanntes Astralöl angewandt, nur bei einem Versuche Stearin. Die Zusammensetzung des Oeles war die folgende:

	a.	b.	Mittel
C	85·12	84·95	85·04
H	14·56	14·75	14·65
Verunreinigungen und Verlust	0·32	0·30	0·31
Summa	100·00	100·00	100·00

Das Stearin war in folgender Weise zusammengesetzt:

C	75·04
H	12·45
O	12·51
Summa	100·00

0·2 m Docht wog 0·385 g.

LXXVI. Versuch, den
A., geboren am

Gasuhren			Zeit	Gasvolumina; Liter							Distanzthermometer					Einströmende Luft		
I.	II.	III.		I.	T_1	II.	T_2	III.	Summe I+II+III.	$\frac{T_1+T_2}{2}$	B.	C.	D.	E.	B. C. E. Mittel	Trockenes Thermometer	Feuchtes Thermometer	p. pro Mille
28500	—	7	6h Nachm.		17·3		—				19·9	18·5	18·6	20·7	19·7	Wurde in diesem Versuche nicht bestimmt.		
				12720		—		65	12785	17·3								
41220	—	72	8h „		17·3		—				19·7	18·2	18·6	20·1	19·3			
				12560		—		53	12613	17·4								
53780	—	125	10h „		17·4		—				18·8	17·5	17·9	19·5	18·6			
				13220		—		61	13281	17·5								
67000	—	186	12h „		17·5		—				18·6	17·1	17·6	19·0	18·2			
				12950		—		51	13001	17·5								
79950	—	237	2h Vorm.		17·5		—				17·9	16·9	17·0	18·6	17·8			
				12890		—		42	12932	17·5								
92840	—	279	4h „		17·5		—				17·7	16·2	16·7	18·2	17·4			
				12860		—		47	12907	17·5								
05700	—	326	6h „		17·5		—				17·4	16·1	16·5	17·8	17·1			
				12920		—		45	12965	17·5								
18620	—	371	8h „		17·5		—				16·9	15·8	16·3	17·6	16·8			
				13000		—		37	13037	17·6								
31620	—	408	10h „		17·6		—				17·0	15·7	16·1	17·9	16·9			
				12930		—		33	12963	17·6								
44550	—	441	12h Mitt.		17·6		—				17·7	16·1	16·5	18·3	17·4			
				12890		—		36	12926	17·6								
57440	—	477	2h Nachm.		17·6		—				17·7	16·1	16·5	18·3	17·4			
				12530		—		30	12560	17·6								
69970	—	507	4h „		17·6		—				17·7	16·1	16·5	18·1	17·3			
				12080		—		20	12100	17·6								
82050	—	527	6h „		17·6		—				17·7	16·1	16·5	18·2	17·3			

16. bis 17. Januar 1895.
31. Mai 1826.

in der Respirationskammer				CO_2		Barometer			Anmerkungen.
Thermometer	Feuchtes Thermometer	p.	pro Mille	pro Mille	Abgelesene Theilstriche	Abgelesen	Corrigirt	Temperatur	
9·60	12·65	6·1	8·2	0·524	13·1	747	745	18·5	Körpergewicht (mit Kleidern), vor dem Versuch 71·50 kg; nach dem Versuch 71·05 kg.
				0·520	13·0				
9·95	12·50	6·3	8·4	0·840	21·0	748	746	18·5	Gewicht der Kleider 4·68 kg.
				0·844	21·1				Während des Versuches trank die Versuchsperson 340 g Wasser.
10·25	12·05	6·1	8·2	1·060	1+1·5	748	746	18·5	Abendbrot: 155 g belegtes Brödchen, 560 g Milch.
				1·072	1+1·8				
10·75	11·95	6·3	8·4	1·200	1+5·0	748	746	18·0	Zwischen 8—9 Uhr Nachm. ins Bett! „ 9—10 „ Vorm. aufstehen!
				1·196	1+4·9				
11·35	11·95	6·5	8·7	1·288	1+7·2	748	746	18·0	Frühstück: 190 g belegtes Brötchen, 535 g Milch, 145 g Kaffee.
				1·280	1+7·0				
11·95	11·85	6·7	9·0	1·364	1+9·1	748	746	18·0	Mittagsessen: 275 g Suppe, 5 g Brod, 591 g Fleisch und Kartoffeln.
				1·364	1+9·1				
12·60	11·65	6·7	9·0	1·440	1+11·0	748	746	17·5	Harn 1375 ccm (nur für 23 Stunden gesammelt).
				1·440	1+11·0				
12·40	11·60	6·7	9·0	1·564	1+14·1	748	746	16·5	
				1·564	1+14·1				
12·75	11·80	6·7	9·0	1·628	1+15·7	748	746	17·5	
				1·632	1+15·8				
13·00	12·05	6·9	9·3	1·804	1+20·1	748	746	16·0	
				1·804	1+20·1				
13·05	12·20	7·1	9·5	1·928	1+23·2	748	746	16·5	
				1·920	1+23·0				
12·95	12·05	6·9	9 3	2·088	2+2·2	748	746	16·5	
				2·092	2+2·3				
13·00	12·10	6·9	9·3	2·208	2+5·2	748	746	16·5	
				2·212	2+5·3				

Die Zusammensetzung des Dochtes war:

	a.	b.	Mittel
C	42·86	43·07	42·96
H	6·21	6·07	6·14
Sonstige Bestandtheile	50·93	50·86	50·90
Summa	100·00	100·00	100·00

Da das Wiegen der Lampe bezw. Kerze einige Minuten vor dem Anfange und nach dem Ende des Versuches vorgenommen werden musste, war es nöthig, das ausserhalb der Kammer verbrannte Material in Abzug zu bringen. Wäre die Verbrennung vollständig gleichmässig gewesen, so wäre diese Berechnung sehr einfach. In der That änderte sich aber die Verbrennungsgeschwindigkeit langsam im Laufe des Versuches. Um die Correction so richtig wie möglich zu erhalten, nahmen wir an, dass die Verbrennungsgeschwindigkeit vom ersten Wiegen der Lampe bis zum Ende der ersten Versuchsperiode sowie auch vom Anfang der letzten Periode bis zum zweiten Wiegen der Lampe constant sei. Als Beispiel wählen wir einen Versuch vom 11. November 1893 mit vier Perioden, jede zu 30 Minuten. Zwischen dem ersten Wiegen und dem Anfange des Versuches ist die Lampe eine Minute angezündet gewesen, zwischen dem Ende des Versuches und dem zweiten Wiegen drei Minuten. Während der ganzen Zeit (1 + 30 + 30 + 30 + 30 + 3 Minuten) ist 366 g Oel verbrannt worden. Durch Gasanalyse ist während der betreffenden Perioden gefunden:

Periode	Gramm Kohlenstoff	Astralöl
Zwischen dem Wiegen und Anfang	—	x
1	83·2	y
2	68·5	z
3	73·8	u
4	78·1	v
Zwischen Ende von „4" u. dem Wiegen	—	w

Ist das verbrauchte Astralöl dem Kohlenstoff proportional, so erhält man:

$$y : z = 83{\cdot}2 : 68{\cdot}5$$
$$y : u = 83{\cdot}2 : 73{\cdot}8$$
$$y : v = 83{\cdot}2 : 78{\cdot}1$$

Weiter ist nach der oben gemachten Annahme:

$$x : y = 1 : 30$$
$$w : v = 3 : 30$$

Schliesslich $x+y+z+u+v+w = 366$.

Aus diesen Gleichungen lassen sich die betreffenden Zahlen berechnen.

Controlversuch A. 14. März 1893.

Kleine Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft (Approx.)	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft (Approx.)	in d. Respirationskammer (Approx.)	beobachtet	corrigirt	C	CO_2	H_2O
1h 6′		288·8	290·3	290·0	3·8	4·2	0·414	0·412			
	3·32								11·9	43·5	—
2h 6′		288·8		290·6	—	4·4	0·648	0·644			
	3·36								12·2	44·7	—
3h 6′		288·8		290·7	4·3	4·5	0·880	0·875			
	3·36								12·7	46·6	—
4h 6′		288·9		290·7	—	4·6	1·116	1·109			
	3·47								8·4	30·7	—
5h 6′		288·9		290·8	—	4·8	1·256	1·248			
	3·74								13·9	51·1	—
6h 6′		289·0		290·8	—	4·9	1·500	1·490			
	3·91								8·9	32·6	—
7h 6′		289·0		290·9	4·5	5·1	1·632	1·621			
	6·97								20·9	76·8	—
8h 39′		289·0		290·9	—	5·3	1·956	1·942			
								Sa.	88·9	326·0	—

Kohlensäure der Atmosphäre = 0·32 pro Mille.

Luftcubus der Respirationskammer = 100·5 cbm.

Barometerstand = 745 mm. In der Lampe verbranntes Oel = 105·4 g.

Dem Oel entsprechender Kohlenstoff = 89·6 oder Kohlensäure = 328·5.

Gefunden: 88·9 Kohlenstoff oder 326·0 Kohlensäure.

Versuchsfehler: — 0·78 Procent.

Controlversuch B. 22. März 1893.

Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter (Approx.): der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter (Approx.): in d. Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
$12^h 27'$		289·0	[290?]	290·2	4·25	4·2	0·396 I. 0·400 II. 0·420 III.	0·402			
	12·84								89·2	327	—
$12^h 57'$		289·1		294·4	4·15	5·0	2·068	2·053			
	13·04								86·4	317	—
$1^h 27'$		289·1		295·7	4·10	6·0	3·488	3·460			
	13·14								84·8	311	—
$1^h 57'$		[289·1]		296·6	4·25	6·9	4·693	4·660			
	13·74								80·8	296	—
$2^h 27'$		289·2		297·1	4·00	7·5	5·655 I. 5·685 II.	5·613			
								Sa.	341·2	1251	—

Kohlensäure der Atmosphäre = 0·32 pro Mille.

Luftcubus der Respirationskammer = 100·5 cbm.

Barometerstand = 761 mm. In der Lampe verbranntes Oel = 393·9 g; dem Oel entsprechender Kohlenstoff = 335·0 g oder Kohlensäure = 1228·3 g.

Gefunden: Kohlenstoff 341·2 g oder Kohlensäure = 1251 g.

Versuchsfehler: + 1·85 Procent.

Controlversuch C. 24. März 1893.

Stearinkerze.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur der Gasuhren	Absolute Temperatur der einströmenden Luft	Absolute Temperatur in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter (Approx.) der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter (Approx.) in d. Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille beobachtet	Kohlensäure pro Mille corrigirt	Gramm C	Gramm CO_2	Gramm H_2O
1h 25′		290·1	Die gleiche mittlere Temperatur wie in der Respirationskammer	291·5	3·1	4·5	0·448 I. 0·476 II. 0·476III. 0·448IV.	0·459			
	1·76								8·9	32·5	—
2h 25′		290·1		291·6	—	—	0·632	0·628			
	1·87								8·7	32·0	—
3h 25′		290·2		291·6	—	—	0·796	0·791			
	2·37								11·1	40·6	—
4h 45′		290·2		291·6	—	—	1·000	0·994			
	1·23								4·9	18·0	—
5h 25′		290·2		291·5	—	4·9	1·088	1·081			
	1·81								8·5	31·2	—
6h 25′		290·2		291·5	3·1	—	1·240	1·232			
	1·86								7·5	27·3	—
7h 25′		290·3		291·4	—	—	1·368	1·359			
	2·02								9·1	33·4	—
8h 25′		290·3		291·4	—	5·0	1·524	1·514			
	1·92								7·3	27·0	—
9h 26′		290·3		291·5	—	—	1·644	1·633			
	0·20								1·2	4·3	—
9h 31½′		290·3		291·5	4·1	5·1	1·664	1·653			
								Sa.	67·2	246·3	—

Luftcubus der Respirationskammer	= 100·5 cbm
Barometerstand um 1 Uhr 25 Min.	= 770 mm
„ „ 8 „ 25 „	= 772 „
Gebrannte Stearinkerze	= 91·1 g
Der Kerze entsprechender Kohlenstoff. . . .	= 68·2 „
Der Kerze entsprechende Kohlensäure . . .	= 250·0 „
Gefunden: Kohlenstoff	= 67·2 „
Kohlensäure	= 246·3 „
Versuchsfehler	= −1·47 Proc.

Controlversuch D. 26. April 1893.

Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO_2	H_2O
12^h		290·0	289·3	292·1	5·15	6·4[1]	0·712	0·706			
	19·96								86·1	316	135
$12^h\,30'$		290·0	289·3	295·0	4·85	7·35[2]	2·220	2·198			
	20·58								81·4	298	139
1^h		290·0	289·3	296·2	5·00	8·30[3]	3·364	3·327			
	21·08								80·8	296	132
$1^h\,30'$		290·0	289·1	296·4	4·60	8·82[4]	4·271	4·221			
	21·19								80·4	295	135
2^h		290·0	289·1	296·9	4·45	9·20[5]	4·991	4·930			
								Sa.	328·7	1205	541

Luftcubus der Respirationskammer = 100·5 cbm. Barometerstand = 755 mm. In der Lampe verbranntes Oel = 380·9 g, dem Oel entsprechender Kohlenstoff = 323·9 g, oder Kohlensäure = 1187·6 g; Wasser = 502 g.

Ausserdem sind aus einem offenen Gefäss 18 g Wasser verdunstet.

Gefunden: Kohlenstoff 328·7 g = Kohlensäure 1205 g; Wasser = 541 g.

Versuchsfehler der Kohlensäure = + 1·48 Procent.
do. des Wassers = + 4·0 „

Um einen ungefähren Begriff von den Versuchsfehlern in Betreff des Wassers während der einzelnen Perioden zu erhalten, kann man die aus den Psychrometerobservationen berechneten Wasserquantitäten

---

[1] Relative Feuchtigkeit 39 Procent, Thaupunkt, absol. Temperatur 277·8°.
[2] „ „ 37 „ „ „ „ 279·8°.
[3] „ „ 39 „ „ „ „ 281·6°.
[4] „ „ 41 „ „ „ „ 282·5°.
[5] „ „ 42 „ „ „ „ 283·1°.

mit denjenigen vergleichen, die man aus der entstandenen Kohlensäure berechnet (100 g Kohlenstoff des Oeles entspricht 155 g aus dem Wasserstoff entstandenem Wasser). Natürlich hat man das direct verdunstete Wasser — auf die vier Perioden gleichmässig vertheilt — zuzuaddiren, d. h. $\frac{18}{4}$ Gramm pro Periode. Nachstehende Tabelle zeigt die betreffenden Ziffern.

Periode	Gramm Wasser		Versuchsfehler, wenn die Kohlensäure als richtig angenommen wird, Procent
	Beobachtet	Aus der Kohlensäure berechnet	
1	135	138	−2·2
2	139	130	+6·9
3	132	130	+1·5
4	135	129	+4·6

Controlversuch E. 19. September 1893.

Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in d. Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO_2	H_2O
					Approx.						
1h 11′		288·4	289·3	289·2	[10]	[10·0]	0·560	0·552			
	7·63								88·9	326	—
1h 41′		288·4	292·4	293·5	—	[10·5]	2·296	2·264			
	9·63								87·4	320	—
2h 11′		288·4	293·1	294·3	—	[11·0]	3·840	3·783			
	10·00								85·9	315	—
2h 41′		288·5	293·7	295·4	—	[12·0]	5·213	5·130			
	10·68								82·6	303	—
3h 11′		288·5	294·1	296·0	—	12·9	6·353	6·243			
								Sa.	344·8	1264	—

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Kohlensäure der Atmosphäre	= 0·32 pro Mille
Luftcubus der Respirationskammer	= 100·5 cbm
Barometerstand (des ganzen Versuches) . .	= 745 mm
In der Lampe verbranntes Oel	= 406·3 g
Dem Oel entsprechender Kohlenstoff . . .	= 345·5 g
Dem Oel entsprechende Kohlensäure . . .	= 1266·8 g
Gefunden: Kohlenstoff	= 344·8 g
Kohlensäure	= 1264·0 g
Versuchsfehler	= — 0·2 Proc.

Controlversuch F. 8. November 1893.

Grosse Lampe und feuchte Laken.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft (Mittel)	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
11h 45′		289·7	280·4	289·2		5·34[1]	0·788	0·782			
	31·23				5·34				143·5	526	[575]
12h 45′		289·7	281·1	291·7		9·26[2]	3·112	3·074			
	32·28				5·38				136·8	502	[253]
1h 45′		289·7	281·2	292·7		10·96[3]	4·673	4·606			
								Sa.	280·3	1028	[828]

Die Laken waren vollständig ausgebreitet, weshalb sie schnell trocken wurden.

Luftcubus der Respirationskammer	= 100·5 cbm
Barometerstand	= 764 mm
In der Lampe gebranntes Oel	= 322·0 g
Dem Oel entsprechender Kohlenstoff . . .	= 273·8 g
Dem Oel entsprechende Kohlensäure . . .	= 1003·9 g

[1] Relative Feuchtigkeit 39 Procent; Thaupunkt, absol. Temperatur 275·2°.
[2] „ „ 58 „ „ „ „ 283·2°.
[3] „ „ 64 „ „ „ „ 285·8°.

Dem Oel entsprechendes Wasser . . . . . = 424·0 g
Aus dem Laken verdunstetes Wasser (approx.) = 740·0 g
Gefunden: Kohlenstoff . . . . . = 280·3 g
Kohlensäure . . . . . = 1028·0 g
Wasser, 1. Stunde . . . . . = 575·0 g
„ 2. „ . . . . . = [253·0] g
Versuchsfehler der Kohlensäure . . . = +2·37 Proc.
In Betreff des Wassers siehe unten.

Controlversuch G. 11. November 1893.

Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft (Mittel)	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
2h 5′		290·2	284·9	288·3		5·95[1]	0·480	0·476			
	12·37				5·72				83·2	305	121
2h 35′		290·2	285·4	292·0		7·05[2]	2·020	2·001			
	12·26				5·72				68·5	251	113
3h 5′		290·3	286·0	293·2		7·95[3]	3·120	3·087			
	12·81				5·80				73·8	271	114
3h 35′		290·3	286·3	293·8		8·75[4]	4·191 4·171	4·133			
	12·57				5·87				78·1	286	91
4h 5′		290·2	285·7	294·4		9·25[5]	5·210	5·146			
								Sa.	303·6	1113	439

Luftcubus der Respirationskammer . . . . = 100·5 cbm
Barometerstand . . . . . = 760 mm

[1] Relative Feuchtigkeit 46 Procent; Thaupunkt, absol. Temperatur 276·7°.
[2] „ „ 43 „ „ „ „ 279·2°.
[3] „ „ 45 „ „ „ „ 280·9°.
[4] „ „ 48 „ „ „ „ 282·4°.
[5] „ „ 49 „ „ „ „ 283·2°.

In der Lampe verbranntes Oel	=	353·7 g
Dem Oel entsprechender Kohlenstoff . . .	=	300·8 g
Dem Oel entsprechende Kohlensäure . . .	=	1102·9 g
Dem Oel entsprechendes Wasser	=	466·0 g
Gefunden: Kohlenstoff	=	303·6 g
Kohlensäure	=	1113·0 g
Wasser, 1. halbe Stunde 121·0 g		
„ 2. „ „ 113·0 g		
„ 3. „ „ 114·0 g		
„ 4. „ „ 91·0 g		
insgesammt	=	439·0 g
Versuchsfehler der Kohlensäure . . .	=	+0·93 g
„ des Wassers	=	−5·8 g

Controlversuch II. 27. Februar 1894.

Kleine Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur in den Gasuhren	Absolute Temperatur der einströmenden Luft	Absolute Temperatur in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter (Approx.) der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter (Approx.) in d. Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille beobachtet	Kohlensäure pro Mille corrigirt	Gramm C	Gramm CO_2	Gramm H_2O
12h 30′		290·2	298·0	296·8	7·35	5·9	0·476	0·472			
	2·79								14·0	51	—
1h 30′		290·2	297·0	297·2	6·80	6·5	0·760 0·764	0·755			
	2·85								16·8	62	—
2h 30′		290·2	295·9	296·1	7·15	6·6	1·100 1·088	1·084			
	2·81								16·3	60	—
3h 30′		290·2	293·1	295·4	8·15	6·6	1·408 1·404	1·393			
								Sa.	47·1	173	—

In der Lampe verbranntes Oel $= X$:

$$59·0 > X > 55·0$$

$$50·2 > \text{Kohlenstoff} > 46·8$$

Aus Versehen wurde die Lampe auf einer weniger genauen Waage gewogen.

Controlversuch J. 6. März 1894.

Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft (Mittel)	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 41′		290·7	287·9	288·4		4·50[1]	0·456	0·453			
	12·17				4·11				172·4	632	249
2h 41′		290·6	289·3	293·8		6·78[2]	3·772	3·688			
	12·53				3·90				168·5	618	216
3h 41′		290·6	289·5	294·8		8·49[3]	6·569	6·495			
								Sa.	340·9	1250	465

Luftcubus der Respirationskammer . . . . . = 100·5 cbm
Barometerstand . . . . . = 750 mm
In der Lampe verbranntes Oel . . . . . = 398·0 g
Dem Oel entsprechender Kohlenstoff . . . . = 338·5 g
Dem Oel entsprechendes Wasser . . . . . = 525·0 g
Gefunden: Kohlenstoff . . . . . = 340·9 g
Kohlensäure . . . . . = 1250·0 g
Wasser, 1. Stunde . . . . 249 g
2. „ . . . . 216 g
insgesammt = 465·0 g
Versuchsfehler der Kohlensäure . . . . . = + 0·71 Proc.
„ des Wassers . . . . . = −11·9 „

Wird das während des Versuches gebildete Wasser nach der Kohlensäure ausgerechnet, so erhält man:

1. Stunde = 267·0 g — Fehler[4] = — 6·7 Procent.
2. „ = 261·0 g — „ = — 17·2 „

Auch hier zeigt eine vermehrte Luftfeuchtigkeit in der Kammer eine vergrösserte Absorption des Wassers (vgl. unten).

---

[1] Relative Feuchtigkeit 35 Procent; Thaupunkt, absol. Temperatur 272·8°.
[2] „ „ 37 „ „ „ „ 278·6°.
[3] „ „ 44 „ „ „ „ 281·9°.
[4] Wenn der Kohlenstoff richtig angenommen wird.

Controlversuch K. 6. April 1894.

(Von Dr. J. E. Johansson ausgeführt.)

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
12h		291·1	289·2	291·1	[7·2?][2]	5·7	0·432 0·428 0·436	0·429			
	14·1								137·3	503·4	[192]
1h		291·1	290·3	294·8	5·9	7·5	2·972 2·988	2·951			
	14·3								132·2	484·7	221
2h		291·1	291·3	296·1	5·7	9·4	5·114 5·106	5·058			

Kohlensäure der Atmosphäre	= 0·308 pro Mille
Luftcubus der Respirationskammer	= 100·5 cbm
Barometerstand	= 764 mm
In der Lampe verbranntes Oel	= 322·0 g
Dem Oel entsprechender Kohlenstoff . . .	= 273·8 g
„ „ entsprechende Kohlensäure . . .	= 1004·0 g
„ „ entsprechendes Wasser	= 424·0 g
Gefunden: Kohlenstoff	= 269·5 g
Kohlensäure	= 988·0 g
Wasser[1]	= 413·0 g
Versuchsfehler des Kohlenstoffes	= −1·57 Procent
„ des Wassers	= −2·6 „

[1] Unter der Annahme, dass der Feuchtigkeitsdruck der äusseren Luft = 5·8 mm (durchschnittlich) ist.

[2] Der Werth 7·2 ist augenscheinlich unrichtig. Ist die Ablesung erfolgt gleich nachdem der Apparat in Betrieb gesetzt worden ist, so entstehen immer derartige Fehler.

Controlversuch L. 13. September 1894.

Grosse Lampe.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO_2	H_2O
$10^h\ 30'$	67·61	289·05	289·5	291·0	—	6·7	0·390 0·380	—	377·7	1385	—
$11^h\ 30'$		289·05	290·8	296·3	—	9·0	—	—			
$1^h\ 30'$		289·05	289·8	297·5	—	10·1	5·988 5·972	—			

Luftcubus der Respirationskammer . . . . = 100·5 cbm
Barometerstand . . . . . = 755 mm
In der Lampe verbranntes Oel . . . . . = 445·0 g
Dem Oel entsprechender Kohlenstoff . . . = 378·4 g
„ „ entsprechende Kohlensäure . . . = 1388·0 g
Gefunden: Kohlenstoff . . . . . = 377·7 g
Kohlensäure . . . . . = 1385·0 g
Versuchsfehler des Kohlenstoffes . . . . . = −0·19 Procent.

In der nachstehenden Tabelle sind die Resultate in Betreff des Kohlenstoffes zusammengestellt.

Versuch	Kohlenstoff		Differenz	Versuchsfehler
	Berechnet	Gefunden		%
A.	89·6	88·9	−0·7	−0·78
B.	335·0	341·2	+6·2	+1·85
C.	68·2	67·2	−1·0	−1·47
D.	323·9	328·7	+4·8	+1·48
E.	345·5	344·8	−0·7	−0·20
F.	273·8	280·3	+6·5	+2·37
G.	300·8	303·6	+2·8	+0·93
J.	338·5	340·9	+2·4	+0·71
K.[1]	273·8	269·5	−4·3	−1·57
L.	378·4	377·7	−0·7	−0·19
			Mittel	1·16

[1] Von Dr. J. E. Johansson ausgeführt.

Die mit dem Pettenkofer'schen Apparate ausgeführten Controlversuche haben in Betreff der Kohlensäure keine besseren Resultate gegeben. — Die ersten 7 Controlversuche Pettenkofer's gaben zwar einen mittleren Fehler von 0·6 Procent;[1] bei den später von Carl und Ernst Voit und J. Forster veröffentlichten[2] Untersuchungen, welche die Verfasser mit specieller Rücksicht auf die Wasserbestimmung anstellten, waren die Resultate folgende:

Jahr	Mittlerer Fehler (Procent)	Zahl der Controlversuche	Seite
1863	2·13	6	130
1871	0·79	10	138
1872	1·76	1	141
1873	1·25	4	145, 153
1874	2·64	5[3]	171
1874	3·45	5	171
1874	2·18	5[3]	173
1874	3·12	5	173

Der mittlere Fehler sämmtlicher 48 Bestimmungen = 1·96 Procent. — Stohmann[4] erhielt mit seinem nach demselben Princip eingerichteten Respirationsapparat als Mittel von 13 Bestimmungen einen Fehler von 1·45 Procent. Mit dem kleinen Respirationsapparat Voit's war der Fehler (Mittel von 5 Bestimmungen) 1·76 Procent.[5] Leyden und Fränkel erhielten mit einem nach demselben Princip construirten Apparat einen Fehler (Durchschnitt von 5 Bestimmungen) = 1·58 Procent.[6]

---

[1] Pettenkofer, *Ann. d. Ch. u. Pharm.* II. Suppl. S. 42 ff., 51. 52. 1863.
[2] C. & E. Voit und J. Forster, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XI, S. 126 ff. 1875.
[3] Die Probe geglüht.
[4] Stohmann, *Landwirthschaftl. Versuchsst.* Bd. XIX, S. 93. 1876.
[5] Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XI, S. 577. 1875.
[6] Leyden und Fränkel, *Arch. f. pathol. Anat.* Bd. LXXVI, S. 150. 1879.

Controlversuch M.[1] November 1893.

Nasse, zusammengefaltete Laken.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Gefundenes Wasser	Bemerkungen.
		in den Gasuhren.	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	Gramm	
11h Vorm.		290	286	290·1	5·20	8·50		Relative Feuchtigkeit in der Respirationskammer = 59 Procent
	8·1						70	
11h 15′		—	—	290·0	5·05	8·90		
	8·3						48	
11h 30′		—	—	290·0	4·95	9·05		
	8·5						56	
11h 45′		—	—	289·9	4·95	9·25		
	7·8						45	
12h		—	—	289·9	4·80	9·35		
	9·0						50	
12h 15′		—	—	289·9	4·60	9·42		
	7·9						48	
12h 30′		—	—	289·9	4·30	9·50		Relative Feuchtigkeit = 66 Procent
	8·6						47	
12h 45′		—	—	289·9	3·95	9·50		
	8·3						47	
1h		—	—	289·9	4·10	9·50		
	9·3						50	
1h 15′		—	—	289·9	4·35	9·50		
	8·6						52	
1h 30′		—	—	290·0	4·30	9·56		Relative Feuchtigkeit = 66 Procent
						Sa.	513	

Luftcubus der Respirationskammer . . . . = 100·5 cbm
Barometerstand . . . . . = 745 mm
Aus den Laken verdunstetes Wasser . . . = 586 g
Gefundenes Wasser . . . . . = 513 g
Versuchsfehler . . . . . = −12·5 Procent.

[1] Vgl. K. Sondén, *Fukten i Tegelbyggnader. Bih. t. Stockholms Stads Helsovårdsnämnds årsberättelse 1892.* Stockholm 1893. S. 51.

Controlversuch N.[1] November 1893.

Nasse, zusammengefaltete Laken.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft, Mittel	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Gefundenes Wasser, Gramm	Bemerkungen.
11 h		ca. 290	290·0	295·2		10·8		Relative Feuchtigkeit in der Respirationskammer = 54 Procent.
	44·1				5·11		395	
1 h		—	290·6	295·8		12·0		do. do. = 58 Procent.

Luftcubus der Respirationskammer . . . . = 100·5 cbm
Barometerstand . . . . . = 754 mm
Aus den Laken abgedampftes Wasser . . . = 420 g
Gefundenes Wasser . . . . . = 395 g
Versuchsfehler . . . . . = — 6·0 Procent.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate in Betreff des Wassers — unter Weglassung des notorisch falsch ausgeführten Versuches F. — *zusammengestellt.*

Versuch	Wasser: Berechnet	Wasser: Gefunden	Differenz	Versuchsfehler %
D.	520	541	+21	+ 4·0
G.	466	439	−27	− 5·8
J.	525	465	−60	−11·4
K.	424	413	−11	− 2·6
M.	586	513	−73	−12·5
N.	420	395	−25	− 6·0
				Mittel 7·1

Für 4 Versuche ist es möglich gewesen, das Wasser nach der Kohlensäure (vgl. Seite 39) zu berechnen. In der nachstehenden Tabelle sind die betreffenden Ziffern zusammengestellt.

[1] Vgl. Bemerkung S. 47.

Periode	Versuch D.				Versuch G.				Versuch J.			
	Nach dem Kohlenstoff berechnet	Gefunden	Differenz	Procent Fehler	Nach dem Kohlenstoff berechnet	Gefunden	Differenz	Procent Fehler	Nach dem Kohlenstoff berechnet	Gefunden	Differenz	Procent Fehler
I.	138	135	−3	−2·2	129[1]	121	−8	− 6·2	267	249	−18	− 6·7
II.	130	139	+9	+6·9	106	113	+7	+ 6·6				
III.	130	132	+2	+1·5	114	114	0	0	261	216	−45	−17·2
IV.	129	135	+6	+4·6	121	91	30	−24·8				

In Betreff des Wassers haben wir leider zu wenige Bestimmungen gemacht. Sowohl unsere als auch frühere Versuche haben jedoch gezeigt, dass man auf viele anscheinend unwichtige Umstände Rücksicht nehmen muss, um brauchbare Resultate zu bekommen. Aus diesem Grunde darf man nur aus grossen Reihen von Versuchen allgemein gültige Schlüsse ziehen — wenn auch die Versuche einer gewissen Serie gut ausgefallen sind. Unsere Controlversuche sind aus dem Grunde auf eine geringe Anzahl beschränkt, weil die ersten — vor Anwendung des Psychrometers ausgeführten — misslungen waren, weshalb wir die Wasserbestimmung beinahe aufgegeben hätten. Die ausgeführten Versuche waren eigentlich nur deshalb gemacht, um zu prüfen, welcher Werth den im 2. Abschnitt angeführten Wasserbestimmungen zugemessen werden könnte. Die Versuche M und N sind zu einem Zwecke ausgeführt, der auf unsere Untersuchungen im Uebrigen keine Beziehung hat.

Die Tabelle Seite 48 zeigt eine entschiedene Tendenz der Wasserbestimmung, zu niedrig auszufallen. Das nämliche scheint auch der Fall in Betreff der letzten Perioden der im 2. Abschnitt mitzutheilenden Wasserbestimmungen gewesen zu sein. Es wäre sonst eigenthümlich, dass die Wasserproduction der Versuchspersonen in der dritten Periode fast immer viel grösser als in der vierten ist.

Die grössten Verluste sind nämlich sowohl bei den Control- als auch bei den anderen Versuchen immer während der letzten Perioden zu finden, was aber nur auf wirklicher Absorption des Wasserdampfes durch die Wände der Kammer sowie durch die Möbel beruhen kann. — Stohmann[2] hat auf gewichtsanalytischem Wege bewiesen, 1) dass eine

[1] Vgl. die Bemerkungen S. 41.

[2] Stohmann, *Die landwirthschaftl. Versuchsst.* XIX, S. 104.

solche Absorption von Wasserdampf entstehe, wenn mit Oelfarbe angestrichenes Metall feuchter Luft ausgesetzt wird, und 2) dass eine Wasserabgabe wieder erfolgt, wenn die Luft trockener wird. Das Phänomen, das durchaus nicht mit gewöhnlicher Condensation zu verwechseln ist, kann auch an gewissen Hygrometern beobachtet werden, wo feuchte Luft nur mit Glas in Berührung kommt. Das so absorbirte Wasser bleibt an den Wänden haften, wenn auch letztere eine viel höhere Temperatur besitzen, als der Thaupunkt der Luft der Umgebung. Dieses Wasser kann auch nicht als sichtbare Feuchtigkeit mit den Augen erkannt, sowie auch nicht durch Löschpapier oder Leinwand weggeschafft werden (wie C. und E. Voit und J. Forster[1] anzunehmen scheinen). Weil aber die Absorption zwar nicht der Luftfeuchtigkeit der Respirationskammer mathematisch proportional, jedoch einigermassen von derselben abhängig ist, so scheint die Absorption am geringsten sein zu müssen, wenn die relative Feuchtigkeit constant bleibt. Die Versuche deuten auch dahin. — Durch die brennende Lampe wird sowohl die Temperatur erhöht als auch die absolute Feuchtigkeit vermehrt, wodurch die relative Feuchtigkeit eine Zeit lang ziemlich constant gehalten werden — ja sogar heruntergehen — kann. Das nämliche gilt einigermassen für die Versuche am Menschen.

Mit der steigenden Temperatur vergrössert sich aber auch der Wärmeverlust durch die Wände der Respirationskammer, wodurch die Temperatur immer langsamer steigt, um unter Umständen constant zu bleiben. Ein constanter Zuwachs der absoluten Feuchtigkeit bewirkt nun auch einen Zuwachs der relativen. Dieser Zuwachs scheint die von uns erhaltenen Differenzen sehr gut zu erklären; und weil die Versuche mit Lampe eher besser als schlechter als die mit direct verdampfendem Wasser ausgefallen sind, haben wir durchaus keine Veranlassung, irgend welche unvollständige Verbrennung des Astralöles anzunehmen oder die Erklärung für die mangelnde Genauigkeit der Wasserbestimmungen hierin zu suchen.

Bei verhältnissmässig kleinen Wasserdampfmengen und geringen Variationen der relativen Feuchtigkeit — jedoch natürlich nicht so klein, dass die Variationen innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler fallen — scheinen die Resultate zwar nicht sehr gut, aber doch für gewisse Berechnungen, speciell in hygienischer Hinsicht, brauchbar zu sein.

---

[1] C. und E. Voit und J. Forster, *Zeitschr. f. Biologie.* Bd. X, S. 134.

In Betreff des Wassers haben sich auch bei den früheren Versuchen Schwierigkeiten eingestellt. Zwar hat Pettenkofer bei seinen ersten Versuchen befriedigende Resultate erhalten: bei 5 Versuchen einen Maximifehler von — 6·7 Procent und einen mittleren von 4·4 Procent. Zwei folgende Reihen zeigten indessen ungünstigere Resultate. Wenn man zwei Versuche ausschliesst, die mit wissentlichen Fehlern behaftet waren, so bleibt für die übrigen vier Versuche ein Maximifehler von — 8·7 Procent und ein durchschnittlicher von 6·4 Procent.

Um der Sache auf den Grund zu gehen, unternahmen C. und E. Voit und J. Forster eine Untersuchung,[1] bei der sie den Apparat sowie auch die Versuchsmaterialien so zu sagen Stück für Stück prüften. Nach einer rein colossalen Arbeit gaben sie als Resultat an, dass der Fehler auf unvollständiger Verbrennung des Stearins beruhte. Wenn sie das Wasser direct abdampfen liessen, erhielten sie folgendes Resultat:

Zeit	Wasser		Differenz	Procent Fehler
	Berechnet	Gefunden		
26. Januar 1874	439·6	445·8	+ 6·2	+1·4
29. „ „	275·6	294·1	+18·5	+6·7
2. Februar „	93·6	101·6	− 8·0	−8·5
26. „ „	404·3	423·8	+19·5	+4·8
3. März „	588·7	609·3	+20·6	+3·5
2. April „	650·8	691·9	+41·1	+6·3

Nach Wegschaffen noch einer Fehlerquelle, mit welcher diese Versuche behaftet waren, erhielten sie:

Zeit	Wasser		Differenz	Procent Fehler
	Berechnet	Gefunden		
8. April 1874	471·0	456·8	−14·2	−3·0
13. „ „	657·9	641·2	−16·7	−2·5
16. „ „	459·7	443·7	−16·0	−3·5

In Betreff der Application der Beobachtungen der obigen Verfasser über unvollständige Verbrennung des Stearins auf das von uns an-

[1] C. und E. Voit und J. Forster, *Zeitschr. f. Biologie.* Bd. X, S. 126—186. 1875.

gewandte Astralöl haben wir schon eine Andeutung gemacht. Neben dem dort angegebenen Grunde, weshalb keine derartige unvollständige Verbrennung anzunehmen sei, erinnern wir noch daran, dass man beim Brennen von Petroleum in dem Geruche ein ausserordentlich scharfes Reagenz unverbrannter oder halbverbrannter Stoffe besitzt. Wir haben solche Producte niemals mit dem Geruche erkennen können. Ob durch Dissociation gebildeten Wassers freier Wasserstoff entstanden ist, können wir gegenwärtig nicht entscheiden. Es ist dann nur die Frage zu beantworten, weshalb die Kohlensäure — die sonst verhältnissmässig leicht zersetzbar ist — nicht an dieser Dissociation Theil genommen hat. Bei unseren Untersuchungen haben wir nichts beobachtet, was eine unvollständige Verbrennung oder Dissociation andeutet.

Wie schon früher angegeben ist, schliessen wir uns vollständig der Erklärung Stohmann's an. Seine Controlversuche[1] sind durch Verdampfung einer gewissen Quantität Wasser in der Respirationskammer und Bestimmung des Wassers durch Gewichtsanalyse ausgeführt. In zwei grösseren Reihen theilt er die Resultate von 48 Versuchen mit. Die Fehler wechseln zwischen $-27{\cdot}4$ Procent und $+11{\cdot}3$ Procent in der einen und zwischen $-17{\cdot}7$ und $+21{\cdot}6$ Procent in der anderen Reihe, bei welcher letzteren angegeben wird, dass einigen Fehlern des Apparates abgeholfen worden ist. Als wesentlichen Grund der Fehler betrachtet Stohmann, wie vorher erwähnt, die Absorption, deren ungefähre Maximigrösse er mit Hülfe von Probewägungen angestrichenen Metallbleches in Luft von verschiedener Feuchtigkeit berechnet. — Stohmann giebt an, dass bei beständiger Witterung sich bessere Resultate gezeigt haben, als bei wechselnder, was ja bei seiner Apparatconstruction sehr natürlich ist. Etwas anders verhält sich die Sache, wenn man, wie öfters bei unserem Apparat, nur eine verhältnissmässig kleine Portion frische Luft während des Versuches hereinlässt. Die Aenderungen der Feuchtigkeit geschehen hier langsam, und sind bei kürzeren Versuchen oft sehr gering, wenn auch die Witterung ziemlich wechselt. Hoffentlich werden kommende Untersuchungen zeigen, wie man die Fehler möglichst vermeiden und also mit besserem Erfolg arbeiten kann.

[1] Vergl. Seite 49.

Zweiter Abschnitt.

Ueber die Grösse der Kohlensäure-Ausscheidung bei Menschen verschiedenen Alters und verschiedenen Geschlechts.

§ 1. Geschichtliche Einleitung.

Die einzigen bis jetzt vorliegenden grösseren Beobachtungsreihen über die Grösse der Kohlensäureabgabe bei Menschen in verschiedenem Alter und von verschiedenem Geschlecht verdanken wir Scharling, Andral und Gavarret, Speck.

Nach der im ersten Abschnitt (S. 4) schon beschriebenen Methode untersuchte Scharling die Kohlensäureabgabe bei sechs Individuen, indem er an einer und derselben Versuchsperson diese zu verschiedenen Stunden des Tages während verschiedener Tage bestimmte. Die Dauer jedes einzelnen Versuches betrug in der Regel etwa eine Stunde; bei einigen Versuchen war die Beobachtungszeit länger, oft aber auch nur $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunde.

Weil die zu verschiedenen Stunden des Tages an einer und derselben Versuchsperson ausgeführten Bestimmungen nicht an einem und demselben Tage vorgenommen, sondern auf viele verschiedene Tage vertheilt sind, können diese Beobachtungen nicht dazu benutzt werden, um die Frage zu beantworten, wie die Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden des Tages variirt.

Um zahlenmässig festzustellen, wie die Kohlensäureabgabe von dem einen Individuum zum anderen variirt, nimmt Scharling das Mittel sämmtlicher bei einer und derselben Versuchsperson ermittelten Werthe, wobei er die geringere Kohlensäureabgabe während des Schlafes in Anrechnung bringt, indem er annimmt, dass ein erwachsener Mensch in der Regel etwa 7 Stunden, ein Kind etwa 9 Stunden zum Schlafen verwendet.

In dieser Weise erhält er die in der Tabelle Seite 54 oben mitgetheilten Werthe.

Aus diesen Versuchen zieht Scharling unter Anderem die folgenden Schlussfolgerungen: Männer produciren mehr Kohlensäure als Frauen desselben Alters; Kinder produciren in gleichen Zeitabschnitten verhältnissmässig mehr Kohlensäure als Erwachsene.[1]

Die Versuche von Andral und Gavarret beziehen sich auf eine erheblich grössere Zahl von Versuchsindividuen. Dagegen betrug die

[1] Scharling, *Annalen d. Chemie u. Pharmacie.* Bd. XLV, S. 214—242. 1843.

Versuchsperson	Körpergewicht kg[1]	C in 24 St. g	CO_2 in 24 St. g	CO_2 in 1 St. g	CO_2 in 1 St. pro kg g
Knabe, $9^3/_4$ Jahre alt	22	133·1	488	20·3	0·923
Mädchen, 10 „ „	23	125·4	460	19·2	0·835
Jüngling, 16 „ „	58	224·4	823	34·3	0·591
Mädchen, 19 „ „	56	165·9	608	25·3	0·452
Mann, 28 „ „	82	239·7	879	36·7	0·448
Mann, 35 „ „	66	219·5	805	33·3	0·505

Versuchsdauer bei jedem einzelnen Versuch nur 8 bis 13 Minuten und die Versuchspersonen athmeten in der früher besprochenen Weise durch eine Gesichtsmaske (vgl. S. 3).

Die Zahl der Versuche über den Einfluss des Alters, des Geschlechtes und der Körperconstitution auf die Kohlensäureabgabe beträgt 75; sie sind auf 62 verschiedene Individuen, 36 Mäuner und 26 Frauen vertheilt.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Zahlen von Andral und Gavarret, auf 1 Stunde berechnet. Leider geben die Autoren das Körpergewicht ihrer Versuchspersonen nicht an.

Männliche Individuen.

Alter der Versuchsindividuen, Jahre	Das Muskelsystem	C pro Stunde g	CO_2 pro Stunde g
8	mittelmässig	5·0	16·7
10	gut entwickelt	6·8	24·9
11	„	7·6	27·9
12	mittelmässig	7·4	27·1
12	sehr gut entwickelt	8·3	30·4
14	mittelmässig	8·2	30·1
15	„	8·7	31·9

[1] Scharling giebt das Körpergewicht seiner Versuchsindividuen in dänischen Pfunden an; wir haben sie in Kilogramm reducirt unter der Annahme, dass 1 dänisches Pfund = 0·5 kg.

Alter der Versuchsindividuen, Jahre	Das Muskelsystem	C pro Stunde g	CO_2 pro Stunde g
$16^1/_2$	gut entwickelt	10·2	37·4
17	„	10·2	37·4
18	„	11·1	40·7
19	„	11·2	41·1
20	„	11·2	41·1
24	mittelmässig	11·1	40·7
24	„	11·6	42·5
26	äusserst gut entwickelt	14·1	51·7
26	mittelmässig	11·0	40·3
27	gut entwickelt	11·8	43·3
28	„	12·4	45·5
31	„	11·1	40·7
32	„	11·5	42·2
33	mittelmässig	10·7	39·2
37	„	10·7	39·2
40	sehr gut entwickelt	12·1	44·4
41	mittelmässig	10·4	38·1
45	sehr lang und dünn	8·6	31·5
48	gut entwickelt	10·5	38·5
50	„	10·7	39·2
51	mittelmässig	10·1	37·0
54	sehr gut entwickelt	10·6	38·9
59	mittelmässig	10·0	36·7
60	äusserst gut entwickelt	13·6	49·9
63	„	12·4	45·5
64	schwach	8·7	31·9
68	mittelmässig	9·6	35·2
76	schwach	6·0	22·0
92	äusserst gut entwickelt	8·8	32·3
102	Atrophie durch Alter	5·9	21·7

Weibliche Individuen.

Alter der Versuchsindividuen, Jahre	Das Muskelsystem	C pro Stunde g	CO_2 pro Stunde g
10	gut entwickelt	6·0	22·0
11	„	6·2	22·8
13	mittelmässig	6·3	23·1
$15^1/_2$	sehr gut entwickelt	7·1	26·1
$15^1/_2$	mittelmässig	6·3	23·1
19	sehr gut entwickelt	7·0	25·7
22	gut entwickelt	6·7	24·6
26	schwach	6·0	22·0
26	mittelmässig	6·3	23·1
32	„	6·2	22·8
45	„	6·2	22·8
38	„	7·8	28·6
42	gut entwickelt	8·3	30·5
43	sehr gut entwickelt	8·6	32·3
44	„	9·9	36·3
49	mittelmässig	7·4	27·2
52	„	7·5	27·5
56	„	7·1	26·1
63	„	6·9	25·3
66	„	6·8	25·0
76	sehr gut entwickelt	6·6	24·2
82	mittelmässig	6·0	22·0

Aus diesen experimentellen Daten ziehen Andral und Gavarret unter Anderem die folgenden Schlussfolgerungen:

Während aller Stadien des menschlichen Lebens, vom 8. Jahre bis zum höchsten Alter, producirt der Mann mehr Kohlensäure als die Frau. Die Differenz tritt im Alter zwischen 16 und 40 Jahren am schärfsten hervor; während dieser Periode producirt der Mann in der Regel etwa doppelt so viel Kohlensäure als die Frau.

Beim Manne nimmt die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure vom 8. bis zum 30. Lebensjahre ununterbrochen zu, und dieser Zuwachs wird beim Eintritt der Pubertät plötzlich sehr gross. Vom 30. Lebensjahre fängt die Kohlensäureproduction an abzunehmen, und die Abnahme wird um so grösser, je mehr sich der Mann der oberen

Altersgrenze des Lebens nähert, bei welcher die Kohlensäureabgabe bis auf den Werth beim 10. Lebensjahre herabsinkt.

Bei der Frau nimmt während des ganzen späteren Kindesalters die Kohlensäureabgabe nach denselben Gesetzen wie beim Manne zu. Beim Eintritt der Pubertät und der Menstruation hört dieser Zuwachs, im Gegensatz zu dem, was beim Manne der Fall ist, plötzlich auf und bleibt constant so lange die Menstruation normal stattfindet. Beim Eintritt in das klimakterische Alter nimmt die Kohlensäureabgabe in einem höchst wesentlichen Grade zu, um dann, ganz wie beim Manne, bei einem noch höheren Lebensalter wieder abzunehmen.

Bei beiden Geschlechtern und bei jedem Lebensalter ist die durch die Lungen abgegebene Kohlensäuremenge um so grösser, je kräftiger die Körperconstitution und je mehr entwickelt das Muskelsystem des Individuums ist.[1]

Neulich hat Speck einige hierher gehörige Beobachtungen mitgetheilt. Dieselben sind in der folgenden Tabelle, in welcher wir, um den Vergleich mit den anderen Beobachtungen zu erleichtern, die Kolensäureabgabe in Gramm pro 1 Stunde berechnet haben.

Geschlecht und Alter	Körpergewicht kg	CO_2 pro 1 Stunde g	CO_2 pro 1 Stunde und 1 kg g
Mädchen, 10 Jahre alt	25	17·3	0·696
Knabe, 13 „ „	38	23·2	0·614
Mädchen, 20 „ „	47	22·6	0·484
„ 17 „ „	51—52	27·0	0·507
Jüngling, 17 „ „	55	30·9	0·566
Frau, 24 „ „	58	23·4	0·401
Mann, 50 „ „	62	27·6	0·448
„ 31 „ „	72	31·5	0·437
„ 57 „ „	62	25·5	0·413

Aus diesen Zahlen folgert Speck, dass die Kohlensäureabgabe langsamer als das Körpergewicht zunimmt; ein leichterer Körper bildet also verhältnissmässig mehr Kohlensäure, als ein schwererer.

Unter sonst annähernd gleichen Umständen bildet das männliche Geschlecht etwas mehr Kohlensäure, als das weibliche.

---

[1]) Andral und Gavarret, *Annales de chimie et de physique.* 3. Série. Bd. VIII, S. 129—150. 1843.

In den Jahren der Entwickelung und des Wachsthums ist die Kohlensäurebildung grösser als unter sonst annähernd gleichen Umständen beim Erwachsenen. Zwischen reifem und beginnendem höheren Alter (31 und 50 Jahre) besteht kein Unterschied; die CO_2-Bildung nimmt aber in höheren Jahren (57 Jahre) merklich ab.

Muskelkräftige Personen liefern mehr Kohlensäure als unter sonst annähernd gleichen Verhältnissen schwache.[1]

§ 2. Eigene Untersuchungen.

Unser Respirationsapparat eignet sich ganz besonders für Untersuchungen, wie die Kohlensäureabgabe zu einer gewissen Zeit des Tages bei Individuen verschiedenen Alters und verschiedenen Geschlechtes variirt. Wegen des grossen Cubikinhaltes der Respirationskammer konnte man nämlich zu gleicher Zeit bis zu anderthalb Dutzend Individuen dorthin bringen, ohne dass die Luft bei einem kurzdauernden Versuch derartige Veränderungen erlitt, dass diese in irgend einer Weise auf den normalen Gasaustausch des Menschen hinderlich gewesen wäre. Wir konnten also durch einen einzigen Versuch einen Mittelwerth erhalten, welcher aus Beobachtungen an 6 bis 18 Individuen hergeleitet war.

Alle unsere hierher gehörigen Versuche dauerten 2 Stunden und wurden, mit Ausnahme von 4 Versuchen, Vormittags angestellt. Die Versuchsindividuen sassen still und durften nicht in der Kammer herumgehen. Dies wurde auch in der Regel nach unserem Wunsch durchgeführt, obgleich wir bei gewissen Altersclassen von Knaben Schwierigkeiten begegneten. Wir sahen uns daher gezwungen, an den betreffenden Altersclassen die Versuche zu wiederholen.

Unsere Versuchsindividuen hatten ein paar Stunden vor dem Versuche gefrühstückt — die Ergebnisse beziehen sich also nicht auf die Kohlensäureabgabe beim Hunger.

Ferner erhielten die Versuchspersonen bei den meisten Versuchen etwas Aepfel und Bonbons oder dergl. Wie aus den unten mitzutheilenden Versuchsprotocollen hervorgeht, ist jedoch die hierdurch entstandene Zufuhr von Nahrungsstoffen im grossen Ganzen so gering, dass sie die Kohlensäureabgabe in keinem nennenswerthen Grade hat

---

[1] Speck, *Schriften d. Gesellsch. zur Beförderung d. ges. Naturwiss. zu Marburg.* Bd. XII, Abth. 3. 1889. — *Physiologie des menschlichen Athmens.* Leipzig 1892. S. 215—244.

steigern können, wie daraus hervorgeht, dass die Kohlensäureabgabe während der späteren Perioden des Versuches in der Regel geringer als im Beginne des Versuches gewesen ist. Hätte die erhaltene Kost irgend welche erheblichere Steigerung der Kohlensäureabgabe während der Versuchsdauer hervorgerufen, so hätte natürlich das entgegengesetzte Verhalten stattgefunden.

Diese Versuche sind also sämmtlich unter einander vollständig vergleichbar und daher gut geeignet, die Frage von den Variationen der Kohlensäureabgabe bei Individuen verschiedenen Alters und Geschlechts aufzuklären. Dagegen können sie natürlich nicht als Ausdruck der absoluten Kohlensäureabgabe während eines ganzen Tages verwendet werden, denn sowohl aus früheren Untersuchungen wie auch aus unseren eigenen, später mitzutheilenden Beobachtungen wissen wir, dass die Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden des Tages sehr erhebliche Schwankungen darbietet.

Es wäre aber eine mehrjährige Arbeit nöthig gewesen, um durch 24stündige Versuche ein genügend umfangreiches Material zum Entscheiden der Frage, wie gross die Kohlensäureausscheidung bei Individuen verschiedenen Alters und verschiedenen Geschlechtes sei, zu erhalten, denn in dieser Beziehung genügt es ja nicht, für jede Altersclasse nur ein einziges Individuum zu beobachten, sondern man muss die Untersuchung auf mehrere derselben Gruppe zugehörige Individuen ausdehnen, damit die daraus erhaltene Zahl als eine Durchschnittszahl gelten mag.

Ausserdem bezweckten wir mit diesen Untersuchungen ein practisches Ziel zu erreichen, nämlich eine thatsächliche Unterlage zur Berechnung des Ventilationsbedarfes in öffentlichen Localen, und ganz besonders in Schulen zu gewinnen. Zu diesem Zwecke müsste man vor allem wissen, wie viel Kohlensäure von verschiedenen Gruppen von Schülern ausgeschieden wird. Die bisher vorliegenden Angaben hierüber, welche wir im ersten Paragraph zusammengestellt haben, sind viel zu spärlich, um als Normalzahlen dienen zu können.

Um diese praktisch-hygienische Frage beantworten zu können, war es natürlich am zweckmässigsten, die Versuche an Individuen in demselben körperlichen Zustande anzustellen, in welchem sie sich in der Schule befinden. Nun kommen ja die Schüler früh morgens in die Schule, gleich nachdem sie ihre erste Mahlzeit genossen haben. Nach beendigten Schulstunden am Morgen erhalten sie eine Rast von ein paar Stunden, während welcher sie ihr Frühstück geniessen; gleich nachher kehren sie wieder in die Schule zurück.

Während aller. Schulstunden dauert also bei den Schülern die Verdauungsarbeit fort und es war daher — hinsichtlich der praktischen Frage, zu deren Lösung unsere Versuche wesentlich angestellt wurden — fast nothwendig, dass die Versuche während der gewöhnlichen Schulzeit und als sich die Versuchsindividuen in demselben körperlichen Zustande wie in der Schule befanden, angestellt wurden.

Da also die Versuche an Schulkindern unter diesen Verhältnissen ausgeführt werden mussten, ist es selbstverständlich, dass dasselbe auch mit den Versuchen an Erwachsenen stattfinden sollte, weil sonst die Ergebnisse der letzteren Versuche mit denjenigen an Schulkindern nicht genau vergleichbar gewesen wären. Bei gewissen Altersclassen war es uns jedoch unmöglich, Versuche am Vormittag anzustellen und wir waren daher gezwungen, die betreffenden Versuche zwei bis drei Stunden nach dem Mittagessen vorzunehmen. Auch bei diesen Versuchsindividuen fand also während des Versuchs die Verdauungsarbeit statt.

Wir geben zu, dass es vom rein theoretischen Gesichtspunkte aus vielleicht zweckmässig gewesen wäre, wenn die Versuche frühmorgens beim Hunger ausgeführt worden wären. Ausser der praktischen Hinsicht, welche uns bestimmte, diese Versuche später am Vormittage auszuführen, sprach gegen einen solchen Versuchsplan auch die Schwierigkeit, ja die Unmöglichkeit, zu derartigen Versuchen Versuchsindividuen in genügender Zahl zu erhalten, da man ja in der Regel nicht gern sieht, dass Kinder, ehe sie etwas genossen haben, ausgehen und als Versuchsobjecte ein paar Stunden lang benutzt werden.

Die Kohlensäurebestimmungen wurden in der Regel jede halbe Stunde gemacht. Hierdurch ward es uns möglich, die Variationen der Kohlensäureabgabe während Perioden von einer halben Stunde zu verfolgen.

Bevor wir zur Mittheilung unserer Versuche übergehen, ist es uns eine angenehme Pflicht, dem Herrn Doctor H. Hernlund, Rector der Neuen Elementarschule, und Fräulein E. Fahnehjelm, Vorsteherin der Wallin'schen höheren Töchterschule in Stockholm, unseren wärmsten Dank dafür darzubringen, dass sie uns die Gelegenheit gegeben haben, unsere Versuche an ihren Schülern auszuführen.

A. Männliche Individuen.

Unsere Versuche an männlichen Individuen sind 18 an der Zahl und an 122 verschiedenen Individuen im Alter zwischen 7 und 57 Jahren ausgeführt.

Versuch XXXIII. 17. Januar 1894.

6 Knaben aus einer Volksschule. Mittleres Alter 7 Jahre 314 Tage. Mittleres Körpergewicht 20·1 kg [1]. Während der Versuchsdauer genossen die Knaben 595 g Wasser. A = 100·4. B = 755 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in d. Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO_2	H_2O
	cbm				Approx.						
12h 45′		290·1	296·0	293·9	6·95	7·05	0·604 I. 0·612 II.	0·602			
	2·46								16·9	62	—
1h 15′		290·1	296·0	294·8	8·0	6·0	0·940	0·931			
	2·72								19·6	72	—
1h 45′		290·1	296·6	295·2	8·8	6·95	1·316	1·304			
	2·61										
2h 15′		290·1	296·6	295·7	9·9	—	—	—	38·9	143	—
	2·77										
2h 45′		290·1	297·2	295·9	10·6	7·05	2·036 I. 2·040 II.	2·019			
								Sa.	75·4	277	—

[1] Hier und in den folgenden Versuchsprotocollen versteht sich das Körpergewicht immer ohne Kleider, wenn nichts anderes ausdrücklich bemerkt wird.

Versuch XIII. 31. October 1893.

6 Knaben aus der 1. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 9 Jahre 217 Tage. Mittleres Körpergewicht 27·5 kg. Während der Versuchsdauer genossen die Knaben 2·7 kg Aepfel und 725 g Wasser. A = 100·4. B = 756 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′	13·34	290·3	285·3	289·9	4·67	6·4	0·644	0·639	29·6	109	88
1h 45′	13·29	290·3	284·9	290·3	4·71	7·0	1·160	1·149	29·7	109	107
2h 15′	13·38	290·3	284·6	290·7	4·78	7·7	1·616	1·600	26·2	96	68
2h 45′	13·53	290·3	284·0	291·0	4·78	7·95	1·948	1·928	22·8	84	56
3h 15′		290·3	283·6	291·1		8·05	2·172	2·149			
								Sa.	108·3	398	

Versuch XII. 30. October 1893.

6 Knaben aus der 2. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 10 Jahre 180 Tage. Mittleres Körpergewicht 28·4 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 1·94 kg Aepfel und 220 g Wasser. A = 100·4. B = 754 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′	14·52	290·2	285·8	290·8	4·59	6·4	0·484	0·480	40·7	149	146
1h 45′	14·53	290·2	286·0	291·9	4·61	7·5	1·240	1·227	29·6	109	118
2h 15′	14·82	290·2	285·8	291·6	4·71	8·2	1·680	1·662	23·1	85	96
2h 45′	14·68	290·2	285·4	291·9	4·68	8·6	1·936	1·914	23·2	85	81
3h 15′		290·2	285·1	292·0		8·8	2·160	2·135			
								Sa.	116·6	428	

Versuch XVI. 15. November 1893.

6 Knaben aus der 2. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 10 Jahre 192 Tage. Mittleres Körpergewicht 30·2 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 2·13 kg Aepfel und 1750 g Wasser. A = 100·4. B = 754 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′	14·97	289·9	282·8	291·9	4·22	6·6	0·664	0·658	32·1	118	133
1h 45′	15·35	289·9	282·3	292·1	4·23	7·5	1·220	1·208	25·0	92	106
2h 15′	15·61	289·9	281·9	292·2	4·18	8·0	1·560	1·543	25·3	93	105
2h 45′	15·53	289·9	281·4	292·2	3·97	8·4	1·856	1·835	26·6	98	103
3h 15′		289·9	281·2	292·2		8·7	2·136	2·111			
								Sa.	109·0	401	

Versuch XI. 28. October 1893.

6 Knaben aus der 3. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 11 Jahre 136 Tage. Mittleres Körpergewicht 32·7 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 2·29 kg Aepfel und 650 g Wasser. A = 100·4. B = 744 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′	13·10	290·0	286·5	292·4	6·13	7·3	0·560	0·555	32·4	119	134
1h 45′	12·92	290·0	286·9	292·8	6·23	8·4	1·156	1·143	33·7	124	115
2h 15′	13·02	290·0	286·6	293·0	6·26	9·2	1·708	1·687	26·1	96	83
2h 45′	13·06	290·0	287·0	293·1	6·28	9·6	2·044	2·018	35·5	130	131
3h 15′		290·0	286·9	293·3		10·4	2 520	2·485			
								Sa.	127·7	469	

Versuch XVIII. 25. November 1893.

6 Knaben aus der 3. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 11 Jahre 143 Tage. Mittleres Körpergewicht 31·6 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 1·232 kg Aepfel. A = 100·4. B = 758 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′		288·9	277·0	291·3		4·40	0·690	0·686			
1h 45′	14·32	288·9	276·0	291·3	2·60	5·30	1·216	1·207	30·9	113	124
2h 15′	15·19	288·9	275·4	291·2	3·02	5·75	1·608	1·596	28·0	103	85
2h 45′	14·81	288·9	275·0	290·9	3·24	6·00	1·916	1·901	26·1	96	67
3h 15′	14·61	288·9	274·8	290·7	3·30	6·20	2·160	2·142	24·8	91	64
								Sa.	109·8	403	

Versuch X. 24. October 1893.

6 Knaben aus der 4. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 12 Jahre 173 Tage. Mittleres Körpergewicht 34·1 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 1·79 kg Aepfel. A = 100·4. B = 755 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′		289·5	285·0	291·5		6·2	0·600	0·595			
1h 45′	13·17	289·5	284·7	291·9	3·80	7·0	1·148	1·137	30·8	113	118
2h 15′	13·43	289·5	284·7	292·0	3·71	7·4	1·520	1·505	25·2	92	88
2h 45′	13·43	289·5	284·5	292·1	3·71	8·0	1·920	1·900	29·1	107	114
3h 15′	13·54	289·5	283·9	292·1	3·65	8·2	2·216	2·192	26·3	96	81
								Sa.	111·4	408	

Versuch IX. 23. October 1893.

6 Knaben aus der 5. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 13 Jahre 38 Tage. Mittleres Körpergewicht 37·6 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 1·80 kg Aepfel und 410 g Wasser. A = 100·4. B = 750 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′	14·13	289·4	286·5	289·9	4·42	6·9	0·680	0·674	43·3	159	186
1h 45′	14·44	289·4	286·5	290·6	4·39	8·3	1·452	1·436	38·6	142	138
2h 15′	13·82	289·4	286·5	291·1	4·18	9·05	2·032	2·007	38·3	140	122
2h 45′	14·05	289·4	286·3	291·3	4·12	9·55	2·540	2·508	34·2	125	109
3h 15′		289·4	285·4	291·3		9·85	2·900	2·862			
								Sa.	154·4	566	

Versuch XV. 13. November 1893.

6 Knaben aus der 5. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 13 Jahre 313 Tage. Mittleres Körpergewicht 44·5 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 2·4 kg Aepfel und 702 g Wasser. A = 100·3. B = 762 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′	13·54	289·6	[283·0]	290·7	5·3	6·8	0·764	0·757	37·7	138	146
1h 45′	13·97	289·6	283·0	291·3	5·3	7·95	1·412	1·397	35·3	129	115
2h 15′	14·06	289·6	283·0	291·7	5·25	8·65	1·928	1·906	37·0	136	88
2h 45′	14·12	289·6	282·9	292·0	5·25	9·0	2·408	2·380	35·7	131	120
3h 15′		289·6	282·9	292·1		9·6	2·800	2·765			
								Sa.	145·7	534	

Versuch VIII. 21. October 1893.

6 Knaben aus der 6. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 14 Jahre 199 Tage. Mittleres Körpergewicht 45·3 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 2·0 kg Aepfel und 385 g Wasser. A = 100·4. B = 760 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′		289·3	286·7	292·0		7·9	0·752	0·744			
1h 45′	11·92	289·3	286·6	292·4	5·17	8·9	1·400	1·384	36·7	135	140
2h 15′	11·43	289·3	287·0	292·5	5·20	9·6	1·920	1·896	33·4	123	117
2h 45′	9·83	289·3	286·7	292·7	—	10·25	2·392	2·360	32·3	118	111
3h 15′	13·33	289·3	286·3	292·7	5·45	10·7	2·888	2·847	39·9	146	114
								Sa.	142·3	522	

Versuch VI. 13. October 1893.

12 Knaben aus der 7. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 15 Jahre 196 Tage. Mittleres Körpergewicht 51·4 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 2·3 kg Aepfel. A = 99·9. B = 750 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′		290·3	288·2	291·4		10·6	1·196	1·179			
1h 45′	11·75	290·3	289·3	292·7	7·12	13·3	2·444	2·401	69·2	254	322
2h 15′	11·86	290·3	289·3	293·5	6·74	14·4	3·400	3·335	61·3	225	194
2h 45′	12·25	290·3	289·0	293·8	6·52	14·9	4·339	4·253	67·2	246	151
3h 15′	12·06	290·3	289·2	294·1	6·54	15·6	5·353	5·242	75·5	277	172
								Sa.	273·2	1002	

Versuch VII. 14. October 1893.

12 Knaben aus der 8. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 17 Jahre 36 Tage. Mittleres Körpergewicht 55·5 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 2·0 kg Aepfel. A = 99·9. B = 750 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′	11·20	290·0	288·8	290·5	6·57	9·05	0·880	0·869	80·9	297	335
1h 45′	7·45	290·0	289·4	292·5	6·42	12·00	2·392	2·354	72·3	265	266
2h 15′	13·29	290·1	289·8	293·6	6·16	14·20	3·688	3·618	70·7	259	191
2h 45′	13·18	290·1	288·8	294·0	6·06	15·00	4·637	4·544	72·0	264	254
3h 15′		290·1	289·0	294·4		16·30	5·504	5·384			
								Sa.	295·9	1085	

Versuch XIV. 7. November 1893.

6 Knaben aus der 9. Classe der neuen Elementarschule. Mittleres Alter 19 Jahre 186 Tage. Mittleres Körpergewicht 59·5 kg. Während des Versuches genossen die Knaben 1·15 kg Aepfel. A = 100·2. B = 765 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′	14·42	290·0	280·3	289·2	3·85	5·5	0·640	0·635	38·9	143	149
1h 45′	14·14	290·0	280·0	289·9	3·84	6·65	1·312	1·301	35·8	131	133
2h 15′	14·11	290·0	279·7	290·2	3·89	7·5	1·844	1·826	31·2	114	74
2h 45′	14·28	290·0	279·0	290·6	3·89	7·7	2·220	2·198	33·9	124	79
3h 15′		290·0	278·8	290·8		7·9	2·596	2·569			
								Sa.	139·8	512	

Versuch XXI. 6. December 1893.

6 junge Leute aus der Technischen Hochschule. Mittleres Alter 22 Jahre 341 Tage. Mittleres Körpergewicht 65·3 kg. Während des Versuches genossen die Individuen nichts. A = 100·2. B = 760 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
6h		288·1	280·5	289·7		4·45	0·484	0·481			
	13·26				3·67				33·2	122	150
6h 30′		288·1	280·6	290·3		5·75	1·084	1·076			
	13·47				3·60				30·8	113	121
7h		288·1	281·0	290·8		6·6	1·560	1·546			
	13·22				3·62				29·3	107	88
7h 30′		288·1	[281·0]	291·0		7·0	1·956	1·938			
	13·57				3·62				30·5	112	101
8h		288·1	281·9	291·0		7·5	2·320	2·297			
								Sa.	123·8	454	

Versuch I. 29. März 1893.

12 Männer, Studirende der Medicin. Alter 25 bis 30 Jahre. Mittleres Körpergewicht 67·5 kg. Während des Versuches genossen die Individuen nichts. A = 99·5. B = 757 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg (Approx.): der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg (Approx.): in d. Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
							0·556 I.				
9h 26′		288·9	[285]	289·4		4·6	0·556 II.	0·552			
	14·10				4·2		0·556 III.		62·6	230	—
9h 56′		288·9	—	291·2		7·8	1·704	1·686			
	14·15								62·2	228	—
10h 26′		288·9	—	292·5		8·3	2·696	2·666			
	15·08								63·1	231	—
10h 56′		288·9	—	293·0		9·7	3·556	3·510			
	13·48								63·3	232	—
11h 26′		288·9	—	293·6		10·1	4·354	4·295			
								Sa.	251·2	921	

Versuch LXII. 2. November 1894.

5 Männer. Mittleres Alter 34 Jahre 262 Tage. Mittleres Körpergewicht 68·3 kg. Während der Versuchsdauer genossen die Versuchsindividuen im Ganzen 45 g Wasser. A = 100·4. B = 754 bis 753 mm

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
6h 10′ Nachm.		289·0	—	292·5	—	6·5	0·716 0·712	0·707			
	35·13								50·0	183	—
7h 10′ „		289·0	—	294·5	—	9·4	1·512 1·512	1·493			
	34·74								46·4	170	—
8h 10′ „		289·1	—	295·5	—	10·2	1·980 1·972	1·949			
								Sa.	96·4	353	

Versuch LXV. 8. November 1894.

4 Männer. Mittleres Alter 44 Jahre 142 Tage. Mittleres Körpergewicht 76·5 kg. Während des Versuches genossen die Versuchsindividuen 200 g Wasser. A = 100·4. B = 760 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
6h 15′		290·1	—	290·4	—	5·3	0·452 0·432	0·439			
	34·69								39·6	145	—
7h 15′		290·1	—	291·1	—	6·5	1·080 1·064	1·063			
	35·15								40·4	148	—
8h 15′		290·0	—	290·6	—	8·5	1·536 1·528	1·515			
								Sa.	80·0	293	

Versuch LXXV. 17. December 1894.

5 Männer. Mittleres Alter 57 Jahre 210 Tage. Mittleres Körpergewicht 84·6 kg. Während des Versuches genossen die Versuchsindividuen 485 g Wasser.
A = 100·4. B = 758 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter Hg: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
6h 10′		288·6	—	291·3	—	4·5	0·560 0·552	0·553			
	32·65								47·7	175	—
7h 10′		288·6	—	291·7	—	5·9	1·316 1·292	1·294			
	32·34								46·0	169	—
8h 10′		288·6	—	290·9	—	8·6	1·828 1·820	1·803			
								Sa.	93·7	344	

Diese Versuche sind in der auf Seite 71 stehenden Generaltabelle zusammengestellt.

Betreffend dieser Versuche bemerken wir, dass die Versuchspersonen in Nr. 3 (Vers. XII), 5 (Vers. XI) und 8 (Vers. IX) während der Versuchsdauer nicht zum Stillsitzen gebracht werden konnten, weshalb neue Versuche mit Knaben desselben Alters ausgeführt wurden (Vers. XVI, XVIII, XV). Bei den nachfolgenden Zusammenstellungen werden wir jene Versuche ausschliessen, weil dort die Kohlensäureabgabe wegen der stärkeren körperlichen Bewegung entschieden zu hoch gewesen ist und keineswegs als Ausdruck des Verhaltens bei dem von uns oben definirten Zustand angesehen werden kann.

Bevor wir dazu übergehen, die übrigen 15 Versuche unter einander zu vergleichen, müssen wir untersuchen, auf welche allgemeine Gültigkeit die dabei erhaltenen Werthe Anspruch machen können.

Hierbei müssen wir in erster Linie betonen, dass die Versuchsindividuen die Versuchsdauer sitzend zubrachten und im Allgemeinen ganz still waren.

Unsere Werthe für die Kohlensäureabgabe beziehen sich also nicht auf Menschen in liegender Stellung, bei welchen die Muskeln so wenig gespannt sind, wie sie es überhaupt bei einem gesunden Menschen im wachen Zustande sind.

Generaltabelle I.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Mittleres Körpergewicht, Kilogramm	Kohlensäureabgabe pro ½ Stunde, Gramm				Totale CO_2-Abgabe während d. Versuches Gramm	Zahl der Versuchsindividuen
		Jahre	Tage		1. halbe Stunde	2. halbe Stunde	3. halbe Stunde	4. halbe Stunde		
1	XXXIII.	7	314	20·1	62	72	143		277	6
2	XIII.	9	217	27·5	109	109	96	84	398	6
3	XII.	10	180	28·4	149	109	85	85	428	6
4	XVI.	10	192	30·2	118	92	93	98	401	6
5	XI.	11	136	32·7	119	124	96	130	469	6
6	XVIII.	11	143	31·6	113	103	96	91	403	6
7	X.	12	173	34·1	113	92	107	96	408	6
8	IX.	13	38	37·6	159	142	140	125	566	6
9	XV.	13	313	44·5	138	129	136	131	534	6
10	VIII.	14	199	45·3	135	123	118	146	522	6
11	VI.	15	196	51·4	254	225	246	277	1002	12
12	VII.	17	36	55·5	297	265	259	264	1085	12
13	XIV.	19	189	59·5	143	131	114	124	512	6
14	XXI.[1]	22	341	65·3	122	113	107	112	454	6
15	I.	25—30	—	67·5	230	228	231	232	921	12
16	LXII.[1]	34	262	68·3	183		170		353	5
17	LXV.[1]	44	142	76·5	145		148		293	4
18	LXXV.[1]	57	210	84·6	175		169		344	5

Ein Beleg dafür, dass die Versuchsindividuen im grossen Ganzen ruhend waren, giebt die Untersuchung der Variationen der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen halbstündigen Perioden bei jedem Versuch. Wir haben diese Variationen in der Weise untersucht, dass wir für jede der vier Perioden die Kohlensäureabgabe pro 1 Stunde berechnet haben und die Abweichung dieser Werthe von dem mittleren Werthe des ganzen Versuches (pro 1 Stunde) in Procenten des letzteren ausdrückten. Die auf diese Weise erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.[2]

[1] Dieses sind die einzigen, welche Nachmittags (6—8 Uhr Nachm.) stattfanden.

[2] Hier und im Folgenden haben wir bei unseren Berechnungen die direct ermittelten Werthe für die Kohlensäureabgabe und nicht die auf Gramm abgerundeten, die in den Versuchsprotocollen aufgenommen sind, benutzt.

Die Abweichung der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen halbstündigen Perioden in Procenten des mittleren Werthes.[1]

Nummer	Versuch	Halbstunde				Mittlere Abweichung
		1	2	3	4	
1	XXXIII.	10·5	4·0	3·3		5·93
2	XIII.	9·5	9·5	3·5	15·5	9·50
4	XVI.	17·7	8·2	7·4	2·2	8·88
6	XVIII.	12·2	2·2	4·7	9·7	7·20
7	X.	10·8	9·8	4·9	5·9	7·85
9	XV.	3·4	3·4	1·9	1·9	2·65
10	VIII.	3·5	5·8	9·6	11·9	7·70
11	VI.	1·4	10·2	1·8	10·6	6·00
12	VII.	9·5	2·3	4·5	2·7	4·75
13	XIV.	11·7	2·3	10·9	3·1	7·00
14	XXI.	7·5	0·5	5·7	1·3	3·75
15	I.	0·1	1·0	0·3	0·8	0·55

In den verschiedenen Versuchen schwankt die mittlere Abweichung zwischen 9·50 (Vers. XIII) und 0·55 (Vers. I) und beträgt für sämmtliche Versuche mit in Summa 47 Bestimmungen 5·98 Procent. Die grosse mittlere Abweichung in Versuch XIII (Nr. 2) ist nicht dadurch bedingt, dass sich die Knaben zuviel bewegt hätten, denn in diesem Versuche, der an neunjährigen Kindern stattfand, sassen die Versuchspersonen die ganze Zeit hindurch exemplarisch still.

Die Kohlensäureabgabe pro Individuum und 1 Stunde geht aus der folgenden Tabelle hervor:

Die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Mittleres Körpergewicht, Kilogramm	Kohlensäure pro Individuum und Stunde, Gramm
		Jahre	Tage		
1	XXXIII.	7	314	20·1	23·1
2	XIII.	9	217	27·5	33·2
4	XVI.	10	192	30·2	33·4

[1] Die Versuche LXII, LXV und LXXV sind in dieser Zusammenstellung nicht aufgenommen, weil dort die Kohlensäureabgabe nur für jede Stunde bestimmt wurde.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Mittleres Körpergewicht, Kilogramm	Kohlensäure pro Individuum und Stunde, Gramm
		Jahre	Tage		
6	XVIII.	11	143	31·6	33·6
7	X.	12	173	34·4	34·0
9	XV.	13	313	44·5	44·5
10	VIII.	14	199	45·3	43·5
11	VI.	15	196	51·4	41·8
12	VII.	17	36	55·5	45·2
13	XIV.	19	186	59·5	42·7
14	XXI.	22	341	65·3	37·8
15	I.	etwa 25	—	67·5	38·4
16	LXII.	34	262	68·3	35·3
17	LXV.	44	142	76·5	36·7
18	LXXV.	57	210	84·6	34·4

Nr. 1 zeigt uns die geringste Kohlensäureabgabe pro Individuum und der Unterschied zwischen dieser Zahl und den übrigen ist an und für sich sehr beträchtlich. Die Ursache hiervon liegt darin, dass unsere anderen Versuche ohne Ausnahme an Individuen der wohlhabenderen Classen der Gesellschaft geschahen, während der Versuch XXXIII an Kindern aus der Volksschule stattfand, welche sehr schlecht nutriirt, skrophulös und rachitisch waren. Grund dessen kann dieser Werth nicht als eine Normalzahl für Knaben im 8. Lebensjahre aufgefasst werden.

Im Alter zwischen dem 9. und 12. Jahre nimmt die Kohlensäureabgabe pro Individuum nur so wenig zu, dass die Differenzen innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Variationen fallen. Wir können also sagen, dass die Kohlensäureabgabe bei Knaben dieses Alters im grossen Ganzen etwa gleich gross ist und 33 bis 34 ᵍ pro Individuum und Stunde beträgt.

Dagegen finden wir am 13. Lebensjahre eine bedeutende Steigerung: 44·5 ᵍ pro Individuum und Stunde, und um diesen Werth bewegt sich die Kohlensäureabgabe bis zum 19. Lebensjahre. Zwischen dem 13. und 19. Jahre ist also die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde 42 bis 45 ᵍ.

Bei den Versuchen an männlichen Individuen zwischen 20 und 30 Jahren ist die Kohlensäureabgabe etwas geringer, und zwar nur etwa 38 ᵍ pro Individuum und Stunde.

Bei Männern von bezw. 35, 44 und 58 Jahren ist die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde noch geringer, nämlich 34 bis 37 ᵍ.

Wenn wir die Kohlensäureabgabe bei Nr. 18 (Versuch LXXV) = 100 setzen, so erhalten wir die folgenden Relationszahlen für die Kohlensäureabgabe bei männlichen Individuen von verschiedenem Alter.

Nummer	Alter, volle Jahre	Relationszahlen	
[1	7	67]	
2	9	97	
4	10	97	98
6	11	98	
7	12	99	
9	13	129	
10	14	126	
11	15	122	126
12	17	131	
13	19	124	
14	22	110	111
15	25	112	
16	34	103	105
17	44	107	
18	57	100	

Bei männlichen Individuen im Alter von 9 bis 12, 13 bis 19, 22 bis 25, 34 bis 44 und 57 Jahren verhält sich also die Kohlensäureabgabe wie 98:126:111:105:100.

Wir übersehen keineswegs, dass der calorische Werth der Kohlensäure ein sehr verschiedener ist, je nachdem sie Fett, Kohlehydraten oder Eiweiss entstammt. Da jedoch die Individuen, an welchen die Beobachtungen 2 bis 18 gemacht worden sind, derselben socialen Classe angehören und hinsichtlich ihrer Kost u. s. w. im grossen Ganzen unter denselben Verhältnissen leben, dürfte es nicht allzu kühn sein anzunehmen, dass die mittlere Zusammensetzung ihrer Kost (wir sprechen hier nicht vom Versuch XXXIII) ungefähr gleichartig gewesen ist. Wenn diese Annahme richtig ist, so drückt die Grösse der Kohlensäureabgabe gewissermassen den Umfang der im Körper stattfindenden Verbrennung aus, und wir können das eben angeführte Ergebniss auch in der folgenden Weise formuliren: Die Verbrennung im Körper ist bei männlichen Individuen im Alter zwischen 13 und 19 Jahren grösser als bei älteren und jüngeren Individuen desselben Geschlechtes.

In seinem bei der zweiten allgemeinen Sitzung des X. inter-

nationalen medicinischen Congresses in Berlin gehaltenen Vortrage über die Pubertätsentwickelung und das Verhältniss derselben zu den Krankheitserscheinungen der Schuljugend hat Axel Key nachgewiesen, dass vom 14. Lebensjahre an im Wachsthum der Knaben eine Periode eintritt, während welcher die Zunahme der Körperlänge und des Körpergewichtes bedeutend schneller stattfindet, als während der früheren (9 bis 13) Jahre. Der schnellere Längenzuwachs dauert vier Jahre lang, erreicht im 15. Lebensjahre sein Maximum und endet mit dem 17. Jahre. Der stärkere Gewichtszuwachs findet auch während derselben vier Jahre statt, das Körpergewicht nimmt aber im Beginn der Periode nicht so schnell als die Länge zu. Die grösste Gewichtszunahme hat ihr Maximum im 16. Jahre.[1]

Unsere Ergebnisse hinsichtlich der Kohlensäureabgabe zeigen mit diesen Erfahrungen eine sehr bemerkenswerthe Uebereinstimmung. Gerade während derjenigen Periode, wo nach Key der starke Längen- und Gewichtszuwachs beginnt, tritt hier die starke Zunahme der Kohlensäureabgabe hervor.

Unsere Werthe sind fast durchgehend grösser als die von Scharling, Andral-Gavarret und Speck mitgetheilten. Betreffs der Zahlen von Scharling muss jedoch hervorgehoben werden, dass diese Mittelwerthe für 24 Stunden darstellen und dass seinen eigenen Angaben gemäss die Kohlensäureabgabe im wachenden Zustande grösser ist als im Schlaf und zwar im Verhältniss 1·42 bis 1·225 : 100. Im wachenden Zustande ist also die Kohlensäureabgabe nach Scharling grösser als das oben (Seite 54) mitgetheilte Mittel.

Nach Andral und Gavarret ist die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde im Alter zwischen 8 bis 15 Jahren 16·7 bis 31·9 g, im Alter zwischen $16^1/_2$ bis 20 Jahren 37·4 bis 41·1 g, und im Alter zwischen 24 bis 28 Jahren 40·3 bis 45·5 g (wenn wir die Beobachtung 26 ausschliessen, welche sich auf einen ausserordentlich muskelstarken Mann bezieht).

Die Zahlen von Speck sind noch kleiner als Andral's und Gavarret's Werthe.

Die Ursache dieser Differenzen ist unserer Anschauung nach vor allem darin zu suchen, dass die Versuchsdauer in den Versuchen unserer Vorgänger im Allgemeinen zu kurz gewesen ist. Auch in unseren Versuchen fanden wir bei den verschiedenen halbstündigen Perioden Werthe, die kleiner als der mittlere Werth für eine zwei-

---

[1] Key, *Verhandlungen des X. internationalen medicinischen Congresses in Berlin.* I, Sep. A., S. 4. 1890.

stündige Periode sind, wir glauben aber, dass man als Normalzahl für Menschen in demjenigen körperlichen Zustande, von welchem die Frage jetzt ist, nicht den kleinsten sich darstellenden Werth wählen darf, sondern einen Werth, der aus einem länger andauernden Versuch hervorgeht. Und um einem etwaigen Missverständniss vorzubeugen, wollen wir noch einmal betonen, dass wir mit der vorliegenden Untersuchung gar nicht bezweckt haben, Normalwerthe für das Minimum der Kohlensäureabgabe bei verschieden alten Individuen festzustellen, sondern nur zu eruiren, wie die Kohlensäureabgabe in dem von uns schon definirten körperlichen Zustande je nach Lebensalter und Geschlecht variirt.

Da jedoch die von uns beobachteten minimalen Werthe nicht ganz ohne Interesse sind, stellen wir dieselben, pro Individuum und Stunde berechnet, hier zusammen.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Minimum der Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde	Relationszahlen	
		Jahre	Tage			
[1	XXXIII.	7	314	20·7	62]	
2	XIII.	9	217	28·0	83	89
4	XVI.	10	192	30·7	91	
6	XVIII.	11	143	30·3	90	
7	X.	12	173	30·7	91	
9	XV.	13	313	43·0	127	119
10	VIII.	14	199	39·3	116	
11	VI.	15	196	37·5	111	
12	VII.	17	36	43·2	128	
13	XIV.	19	186	38·0	112	
14	XXI.	22	341	35·7	106	110
15	I.	etwa 25	—	38·0	114	
16	LXII.	34	262	34·0[1]	101	104
17	LXV.	44	142	36·2[1]	107	
18	LXXV.	57	210	33·8[1]	100	

In Bezug auf die gegenseitige Relation der Kohlensäureabgabe bei verschiedenem Alter finden wir hier etwa dasselbe Resultat wieder wie bei der Zusammenstellung der mittleren Werthe.

[1] Nach Beobachtung während einer Stunde.

Um den Einfluss des Alters auf die Kohlensäureabgabe näher zu untersuchen, haben wir nach unseren Versuchen die Kohlensäureabgabe pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht berechnet. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Die Kohlensäureabgabe pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht.

Nummer	Versuch	Körpergewicht, Kilogramm	CO_2 pro Kilogramm Körpergewicht, Gramm	Relationszahlen
[1	XXXIII.	20·1	1·149	282]
2	XIII.	27·5	1·207	297
4	XVI.	30·2	1·106	272
6	XVIII.	31·6	1·063	261
7	X.	34·1	0·997	245
9	XV.	44·5	1·000	246
10	VIII.	45·3	0·960	236
11	VI.	51·4	0·813	200
12	VII.	55·5	0·814	200
13	XIV.	59·5	0·718	176
14	XXI.	65·3	0·579	142
15	I.	67·5	0·569	140
16	LXII.	68·3	0·517	127
17	LXV.	76·5	0·480	118
18	LXXV.	84·6	0·407	100

Wir finden hier eine sehr gleichmässige Abnahme der Kohlensäureabgabe bei zunehmendem Körpergewicht, was ja in Bezug auf den Gesammtstoffwechsel schon durch zahlreiche Untersuchungen festgestellt ist und, wie bekannt, wesentlich davon abhängt, dass die Oberfläche des Körpers im Verhältniss zum Körpergewicht und also auch seine relative Wärmeabgabe um so grösser wird, je kleiner der Körper selbst ist.

Im Verhältniss zum Körpergewicht ist die Kohlensäureabgabe bei neunjährigen Knaben (Nr. 2) etwa dreimal so gross, als bei einem alten Manne (Nr. 18). Und dieser Einfluss der Körpergrösse zeigt sich sogar fast gleich scharf bei den schlecht ernährten Knaben, welche zum Versuch XXXIII (Nr. 1) dienten.

Auf eine nähere Analyse der in dieser Tabelle aufgenommenen Zahlen glauben wir verzichten zu können.

Ein grösseres Interesse bietet das Studium der Kohlensäureabgabe pro Einheit der Körperoberfläche dar.

Wenn der Stoffwechsel bei Individuen von verschiedener Körpergrösse einzig und allein von den Bedingungen der Wärmeabgabe abhängig wäre, so sollte man erwarten, dass bei ihnen, wie Rubner[1] bei seinen, an verschieden grossen Hunden gemachten Versuchen gefunden hat, der Stoffwechsel auf die Einheit der Körperoberfläche bezogen gleich gross wäre, so verschieden er sich auch darstellt, wenn er auf die Einheit des Körpergewichtes berechnet wird. Findet man nun aber, dass der Stoffwechsel bei jüngeren Individuen, auch wenn er auf die Einheit der Körperoberfläche berechnet wird, grösser ist als bei älteren Individuen, so ist es erlaubt, daraus zu folgern, dass sich beim jugendlichen Körper Bedingungen vorfinden, welche an und für sich, unabhängig von der verschiedenen Körpergrösse, einen stärkeren Stoffwechsel verursachen.

Man hat freilich lange angenommen, dass dies der Fall wäre; es liegt aber bis jetzt kaum ein wirklicher Beweis dafür vor.[2]

Nun haben wir allerdings nicht den Gesammtstoffwechsel an denjenigen Individuen bestimmt, an welchen die vorliegenden Versuche ausgeführt worden sind. Wir können jedoch aus den schon angeführten Gründen und unter aller Reservation annehmen, dass die Kohlensäureabgabe in einem gewissen Grade als Maass des Gesammtstoffwechsels des Körpers gelten kann, selbstverständlich ohne dabei eine directe Proportionalität zwischen dem Gesammtstoffwechsel und der Kohlensäureabgabe zu postuliren. Deswegen haben wir die Kohlensäureabgabe für die Einheit der Körperoberfläche berechnet und in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Zur Berechnung der Körperoberfläche haben wir die Formel von Meeh:[3] $k\sqrt[3]{a^2}$ benutzt, wo a das Körpergewicht und k eine Constante bezeichnet. Nach Meeh's Beobachtungen ist k für die kleinsten Knaben (Versuch XXXIII) = 11·895, für Knaben zwischen 9 und 12 Jahren = 12·205, für Jünglinge zwischen 13 und 20 Jahren = 12·847 und für ältere männliche Individuen = 12·534 angenommen worden.

---

[1] Rubner, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XIX, S. 586. 1883.

[2] Vgl. Voit, *Handbuch d. Physiol.* Bd. VI, 1, S. 541. 1881. Die Untersuchungen Camerer's werden wir im letzten Abschnitt dieser Abhandlung besprechen.

[3] Meeh, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XV, S. 425. 1879.

Die Kohlensäureabgabe pro Stunde und Quadratmeter Körperoberfläche.

Nummer	Versuch	Körperoberfläche Quadratmeter	Kohlensäure pro Stunde und Quadratmeter Körperoberfläche, Gramm	Relationszahlen
[1	XXXIII.	0·879	26·27	184]
2	XIII.	1·112	29·86	210
4	XVI.	1·184	28·22	198
6	XVIII.	1·220	27·54	193
7	X.	1·283	26·49	186
9	XV.	1·613	27·58	194
10	VIII.	1·633	26·65	187
11	VI.	1·776	23·54	165
12	VII.	1·869	24·18	170
13	XIV.	1·958	21·81	153
14	XXI.	2·033	18·60	131
15	I.	2·078	18·48	130
16	LXII.	2·094	16·85	118
17	LXV.	2·259	16·25	117
18	LXXV.	2·415	14·24	100

Wenn die Kohlensäureabgabe bei Nr. 18 (älterer Mann, 57 Jahre) gleich 100 gesetzt wird, so ist sie bei 9jährigen Knaben (Nr. 2) 210, bei 10jähigen (Nr. 3) 198, bei 11 bis 14jährigen (Nr. 6 bis 10) 194 bis 187, bei 15 bis 17jährigen Jünglingen (Nr. 11 und 12) 165 bis 170, bei 19jährigen (Nr. 13) 153, und bei den folgenden Altersclassen bezw. 131, 130, 118, 117.

Insofern es nach diesen Versuchen erlaubt ist zu beurtheilen, können wir also sagen, dass unter sonst ähnlichen Umständen der durch die Kohlensäureabgabe geschätzte Stoffwechsel bei Kindern an und für sich und unabhängig von ihrer geringeren Körpergrösse grösser ist als bei erwachsenen und dies in einem um so höheren Grade, je jünger das betreffende Individuum ist.

Dies Ergebniss haben wir durch die im letzten Abschnitt mitzutheilenden Untersuchungen über den Gesammtstoffwechsel bei Männern von verschiedenem Alter vollkommen bestätigt gefunden.

Auch der Vergleich zwischen der Kohlensäureabgabe pro 1 ^{kg} Körpergewicht und 1 ^{qm} Körperoberfläche zeigt, welch' einen ausserordentlichen Einfluss das Alter auf die Kohlensäureabgabe ausübt.

Wenn wir nämlich annehmen, dass die Kohlensäureabgabe pro 1 qm Körperoberfläche bei jungen und alten männlichen Individuen gleich gross und zwar 14·24 g wäre (Nr. 18, Versuch an 57jährigen Männern), und dann die Kohlensäureabgabe z. B. bei einem 9jährigen Knaben berechneten, so wäre die totale Kohlensäure bei diesem $1{\cdot}112 \times 14{\cdot}24 = 15{\cdot}83$ g, was auf 1 kg Körpergewicht (27·5) **0·576** g beträgt. Wir haben aber pro 1 kg Körpergewicht bei einem 9jährigen Knaben **1·207** g gefunden.

B. Weibliche Individuen.

Unsere hierher gehörigen Versuche sind 15 an der Zahl und beziehen sich im Ganzen auf 111 Individuen im Alter zwischen 8 und 66 Jahren.

Von diesen Versuchen werden wir jedoch drei von unseren Zusammenstellungen ausschliessen, weil sich die Versuchspersonen dabei nicht so still verhielten, wie es hinsichtlich des Versuchszweckes nothwendig war.

Die übrigen Versuche folgen hier.

Versuch XXXV. 19. Januar 1894.

6 Mädchen. Mittleres Alter 7 Jahre 316 Tage. Mittleres Körpergewicht 21·8 kg. Während des Versuches genossen die Mädchen 479 g Rosinen, 250 g Mandeln und 230 g Bonbons. A = 100·4. B = 742 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft (Mittel)	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
12h 20′		290·0	296·3	295·3		7·0	0·540 I. 0·560 II.	0·545			
	2·26				7·3				18·2	67	94
12h 50′		290·0	295·4	295·4		8·0	0·920	0·910			
	2·29				7·2				20·4	75	80
1h 20′		290·0	295·0	295·3		8·7	1·328	1·312			
	2·35				7·1				21·9	80	—
1h 50′		290·0	294·7	295·2		9·3	1·752 I. 1·760 II.	1·734			
	2·28				—				20·3	74	—
2h 20′		290·0	294·3	295·1		8·5	2·140 I. 2·136 II.	2·114			
								Sa.	80·8	296	

Versuch XXII. 9. December 1893.

6 Mädchen aus der I. Classe der Wallin'schen Töchterschule. Mittleres Alter 9 Jahre 334 Tage. Mittleres Körpergewicht 26·6 kg. Während des Versuches genossen die Mädchen 80 g Bonbons und 940 g Wasser. A = 100·4. B = 752 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
12h 15′ Nachm.	14·89	288·0	286·5	294·8	5·07	6·1	0·520	0·516	16·1	59	134
12h 45′ „	15·18	288·0	286·9	294·8	4·99	7·0	0·796	0·789	18·8	69	97
1h 15′ „	15·23	288·1	285·7	294·7	4·99	7·6	1·084	1·073	18·2	67	85
1h 45′ „	15·11	288·1	285·6	294·4	5·09	8·0	1·320	1·306	20·6	76	74
2h 15′ „		288·1	285·5	294·3		8·25	1·568	1·551			
								Sa.	73·7	271	

Versuch XIX. 4. December 1893.

6 Mädchen aus der II. Classe der Wallin'schen Töchterschule. Mittleres Alter 11 Jahre 57 Tage. Mittleres Körpergewicht 31·0 kg. Während des Versuches genossen die Mädchen 78 g Bonbons und 1170 g Wasser. A = 100·4. B = 763 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
12h 15′ Nachm.	13·96	287·9	279·2	291·5	4·09	4·2	0·652	0·648	21·1	77	90
12h 45′ „	14·27	287·9	279·4	291·5	3·95	5·0	1·000	0·993	22·0	81	72
1h 15′ „	14·09	287 9	279·3	291·0	3·75	5·5	1·316	1·307	23·0	84	65
1h 45′ „	14·41	287·9	279·0	290·8	3·56	5·85	1·612	1·600	19·8	72	62
2h 15′ „		287·9	278·9	290·4		6·1	1·804	1·790			
								Sa.	85·9	314	

Versuch XXVI. 16. December 1893.

6 Mädchen aus der III. Classe der Wallin'schen Töchterschule. Mittleres Alter 12 Jahre 68 Tage. Mittleres Körpergewicht 36·2 kg. Während des Versuches genossen die Mädchen 98 g Bonbons und 900 g Wasser. A = 100·4. B = 759 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
12h 15′ Nachm.	14·12	289·2	281·5	291·6	5·35	8·45	0·620	0·613	21·6	79	127
12h 45′ „	14·17	289·2	281·2	291·7	5·24	9·2	0·984	0·972	28·5	86	107
1h 15′ „	14·37	289·3	281·3	291·8	5·20	9·65	1·336	1·319	22·0	81	93
1h 45′ „	13·95	289·3	281·4	291·9	5·15	9·9	1·612	1·591	21·1	77	81
2h 15′ „		289·3	281·3	292·1		10·15	1·840	1·815			
								Sa.	88·2	323	

Versuch XXIV. 12. December 1893.

6 Mädchen aus der IV. Classe der Wallin'schen Töchterschule. Mittleres Alter 13 Jahre 53 Tage. Mittleres Körpergewicht 39·5 kg. Während des Versuches genossen die Mädchen 73 g Bonbons und 430 g Wasser. A = 100·3. B = 758 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
1h 15′ Nachm.	14·55	288·7	282·2	290·2	4·44	5·3	0·528	0·524	20·5	75	122
1h 45′ „	14·55	288·8	281·9	290·3	4·81	6·3	0·880	0·873	23·4	86	83
2h 15′ „	14·66	288·8	281·6	290·4	4·92	6·85	1·240	1·229	23·9	88	68
2h 45′ „	14·74	288·8	281·6	290·4	4·99	7·2	1·560	1·545	22·0	81	68
3h 15′ „		288·8	281·4	290·3		7·5	1·800	1·782			
								Sa.	89·8	330	

Versuch XXV. 13. December 1893.

6 Mädchen aus der V. Classe der Wallin'schen Töchterschule. Mittleres Alter 14 Jahre 15 Tage. Weiteres Körpergewicht 44·3 kg. Während des Versuches genossen die Mädchen 175 g Bonbons und 165 g Wasser. A = 100·3. B = 758 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft Mittel	in der Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO_2	H_2O
	cbm										
1h 15′ Nachm.	14·42	289·0	282·5	292·0	4·36	6·35	0·744	0·738	22·1	81	127
1h 45′ „	14·09	289·1	282·1	292·3	4·12	7·25	1·100	1·089	23·6	87	95
2h 15′ „	14·55	289·1	281·9	292·5	4·11	7·7	1·440	1·425	25·2	92	97
2h 45′ „	13·92	289·1	281·8	292·5	4·14	8·1	1·760	1·741	24·9	91	84
3h 15′ „		289·1	281·7	292·4		8·35	2·040	2·017			
								Sa.	95·8	351	

Versuch XXIII. 11. December 1893.

6 Mädchen aus der VI. Classe der Wallin'schen Töchterschule. Mittleres Alter 15 Jahre 54 Tage. Mittleres Körpergewicht 48·6 kg. Während des Versuches genossen die Mädchen 80 g Bonbons und 785 g Wasser. A = 100·3. B = 760 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft Mittel	in der Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO_2	H_2O
	cbm										
1h 15′ Nachm.	14·96	288·4	281·5	293·0	5·15	6·5	0·644	0·639	21·9	80	141
1h 45′ „	14·78	288·4	281·1	293·0	5·04	7·6	1·008	0·998	21·8	80	97
2h 15′ „	11·71	288·4	281·3	292·9	4·85	8·1	1·320	1·306	23·1	85	88
2h 45′ „	11·11	288·5	282·4	292·9	4·82	8·55	1·648	1·629	22·5	83	76
3h 15′ „		288·5	282·4	292·8		8·85	1·936	1·914			
								Sa.	89·3	328	

Versuch XX. 5. December 1893.

6 Mädchen aus der VI. Classe der Wallin'schen Töchterschule. Mittleres Alter 15 Jahre 217 Tage. Mittleres Körpergewicht 49·9 kg Während des Versuches genossen die Mädchen etwa 150 g Bonbons. A = 100·3. B = 771 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
12h 15′ Nachm.		287·8	279·1	293·1							
	14·63				3·65	4·55	0·632	0·628	25·0	92	124
12h 45′ „		287·8	279·2	292·8							
	12·18				3·50	5·55	1·048	1·040	27·9	102	92
1h 15′ „		287·8	—	292·2							
	14·34				3·25	6·15	1·484	1·472	25·7	94	116
1h 45′ „		287·8	278·3	292·0							
	14·24				3·10	6·8	1·800	1·784	26·0	95	60
2h 15′ „		287·8	277·8	291·6		6·85	2·080	2·062			
								Sa.	104·6	383	

Versuch XXVIII. 19. December 1893.

6 junge Damen. Mittleres Alter 17 Jahre 253 Tage. Mittleres Körpergewicht 53·9 kg. Während des Versuches genossen die Versuchspersonen 343 g Bonbons und 320 g Wasser. A = 100·3. B = 758 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
11h 15′ Vorm.	13·94	289·8	282·2	291·0	4·80	6·25	0·600	0·595	21·1	77	128[1]
11h 45′ „		289·8	281·8	291·3		7·25	0·960	0·951			
12h 15′ Nachm.	13·07	289·8	282·5	291·5	4·84	7·9	1·356	1·342	23·2	85	90
12h 45′ „	12·90	289·8	282·8	291·6	4·70	8·35	1·668	1·650	23·5	86	64
1h 15′ „	12·64	289·8	282·0	291·8	4·72	8·50	1·948	1·926	21·4	78	54
1h 45′ „	12·78	289·8	282·2	291·8	4·70	8·55	2·160	2·136	20·8	76	72
2h 15′ „		289·8	282·0	291·9		8·75	2·332	2·305			
								Sa.	88·9	325	

[1] Die erste halbe Stunde ist von den folgenden Zusammenstellungen ausgeschlossen.

Versuch XXVII. 18. December 1893.

5 Damen. Mittleres Alter etwa 30 Jahre. Mittleres Körpergewicht 53·9 kg. Während des Versuches genossen die Versuchspersonen 730 g Kuchen und 30 g Wasser. A = 100·3. B = 764 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft (Mittel)	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
11h 15′ Vorm.	14·43	289·8	[283·1]	292·0	4·6	[11·2]	0·484	0·477	21·3	78	—
11h 45′ „	15·39	289·8	283·1	292·2	4·52	12·6	0·860	0·846	19·9	73	153
12h 15′ Nachm.	15·35	289·8	282·8	292·4	4·50	12·85	1·156 I. 1·152 II.	1·135	17·9	66	131
12h 45′ „	15·18	289·8	282·5	292·4	4·46	12·85	1·368	1·345	20·2	74	151
1h 15′ „		289·8	282·2	292·4		13·05	1·596	1·569			
								Sa.	79·3	291	

Versuch V. 18. April 1893.

9 Damen. Alter 40—50 Jahre. Mittleres Körpergewicht 67·0 kg. Während des Versuches genossen die Versuchspersonen Kaffee und Kuchen. A = 99·7. B = 764 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft (Mittel)	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft (Mittel)	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
12h 23′ Nachm.	19·68	287·4	286·2	291·2	3·45	[3·95]	0·440 I 0·408 II. 0·408 III. 0·412 IV.	0·415	47·6	175	[217]
12h 53′ „	22·70	287·4	285·6	291·6	2·7	5·85	1·268	1·258	89·1	327	162
1h 23′ „	20·80	287·4	285·6	291·9	2·15	6·65	misslung.	—			143
1h 53′ „	22·71	287·4	285·7	292·1	2·25	7·10	2·388	2·367	44·9	165	154
2h 23′ „		287·4		292·2		7·50	2·780	2·752			
								Sa.	181·6	667	

Versuch XXXVI. 22. Januar 1894.

6 Damen. Mittleres Alter 65 Jahre 290 Tage. Mittleres Körpergewicht 66·9 kg. Während des Versuches genossen die Versuchspersonen nichts. A = 100·1. B = 742 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft Mittel	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Gramm: H_2O
11h Vorm.		290·1	285·1	295·2		7·25	0·854 0·852	0·845			
	11·25				4·63				21·3	78	121
11h 30 „		290·1	285·1	295·3		8·15	1·216	1·203			
	11·55				4·72				22·0	81	101
12h Mittags		290·1	285·0	295·1		8·75	1·552	1·534			
	11·35				4·68				19·9	73	82
12h 30′ Nachm.		290·1	284·6	295·1		9·10	1·812	1·790			
	11·50				4·65				22·2	81	87
1h „		290·1	284·6	295·0		9·45	2·080 2·092	2·060			
								Sa.	85·4	313	

In derselben Weise wie mit den Versuchen an männlichen Individuen (S. 71) stellen wir die vorliegenden Versuche in einer Tabelle zusammen.

Generaltabelle II.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter: Jahre	Mittleres Alter: Tage	Mittleres Körpergewicht, Kilogramm	Kohlensäureabgabe pro ½ Stunde, Gramm: 1. halbe Stunde	2. halbe Stunde	3. halbe Stunde	4. halbe Stunde	Totale CO_2-Abgabe während d. Versuches Gramm	Zahl der Versuchsindividuen
1	XXXV.	7	316	21·8	67	75	80	74	296	6
2	XXII.	9	334	26·6	59	69	67	76	271	6
3	XIX.	11	57	31·0	77	81	84	72	314	6
4	XXVI.	12	68	36·2	79	86	81	77	326	6
5	XXIV.	13	53	39·5	75	86	88	81	330	6
6	XXV.	14	15	44·3	81	87	92	91	351	6
7	XXIII.	15	54	48·6	80	80	85	83	328	6
8	XX.	15	217	49·9	92	102	94	95	383	6
9	XXVIII.	17	253	53·9	85	86	78	76	325	6
10	XXVII.	etwa 30	—	53·9	78	73	66	74	291	5
11	V.	40—50	—	67·0	175	327		165	667	9
12	XXXVI.	65	290	66·9	78	81	73	81	313	6

Bei diesen Versuchen sassen die Versuchspersonen ganz still; besonders gilt dies von den Schulmädchen (Nr. 1 bis 9), welche sich ganz wie bei einer Schulstunde hielten. Auch sind die Variationen der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen halbstündigen Perioden im Allgemeinen sehr gering, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht.

Die Abweichung der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen halbstündigen Perioden in Procenten des mittleren Werthes.

Nummer	Versuch	Halbstunde				Mittlere Abweichung
		1	2	3	4	
1	XXXV.	9·5	1·4	8·1	0	4·75
2	XXII.	12·9	1·8	1·1	12·2	7·00
3	XIX.	1·9	3·2	7·0	8·3	5·10
4	XXVI.	2·2	6·5	0·3	4·6	3·40
5	XXIV.	9·1	4·2	6·7	1·8	5·45
6	XXV.	7·7	0·9	4·8	3·7	4·28
7	XXIII.	2·4	2·4	3·7	1·2	2·43
8	XX.	3·9	6·5	1·8	0·8	3·25
9	XXVIII.	4·6	5·8	4·0	6·5	5·23
10	XXVII.	7·2	0·3	9·3	1·7	4·63
11	V.	4·9	2·0		1·0	2·63
12	XXXVI.	0·3	3·5	6·7	3·5	3·50

Die mittlere Abweichung schwankt in den verschiedenen Versuchen zwischen 7·00 (Versuch XXII) und 2·43 (Versuch XXIII) und beträgt für sämmtliche Versuche mit in Summa 47 Beobachtungen 4·34 Procent — sie ist also 1·64 Procent kleiner als die mittlere Abweichung bei den Versuchen an männlichen Individuen (S. 72).

Die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde geht aus der Tabelle auf Seite 88 hervor.

Die geringsten der in dieser Tabelle aufgenommenen Werthe beziehen sich auf das Alter zwischen 8 und 10 Jahren, mit einer Kohlensäureabgabe von bezw. 24·7 und 22·6 g. Sodann zeigt die Kohlensäureabgabe während der ganzen langen Periode vom 11. bis zum 30. Jahre verhältnissmässig nur geringe Variationen; sie schwankt nämlich nur zwischen 26·2 und 31·9 g und wir finden den höchsten Werth bei $15^2/_3$ Jahren (Nr. 8). Bei 14jährigen und 30jährigen haben

Die Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Mittleres Körpergewicht, Kilogramm	Kohlensäure pro Individuum und Stunde Gramm
		Jahre	Tage		
1	XXXV.	7	316	21·8	24·7
2	XXII.	9	334	26·6	22·6
3	XIX.	11	57	31·0	26·2
4	XXVI.	12	68	36·2	26·9
5	XXIV.	13	53	39·5	27·5
6	XXV.	14	15	44·3	29·3
7	XXIII.	15	54	48·6	27·3
8	XX.	15	217	49·9	31·9
9	XXVIII.	17	253	53·9	27·1
10	XXVII.	etwa 30	—	53·9	29·1
11	V.	40—50	—	67·0	37·1
12	XXXVI.	65	290	66·9	26·1

wir fast identische Zahlen (29·3, 29·1). Bei einem reiferen Alter und einem beträchtlich grösseren Körpergewicht ist die Kohlensäureabgabe pro Individuum nicht unbedeutend grösser (Nr. 11, Versuch V). Wir wollen jedoch kein grösseres Gewicht auf diese Zahl legen, da sie vereinzelt dasteht und die Versuchspersonen nicht so ruhig dasassen wie bei den übrigen Versuchen. Bei einem höheren Alter (Nr. 12, Versuch XXXVI) erreicht die Kohlensäureabgabe denselben Werth wieder, den sie während der Periode zwischen dem 11. und dem 30. Jahre hatte (26·1 g).

Wir vermissen also unter den weiblichen Individuen die bedeutende Steigerung der Kohlensäureabgabe, welche wir bei Knaben zwischen dem 13. und 19. Jahre kennen lernten.

Dementsprechend vermissen wir nach den Untersuchungen von Key in diesem Alter die bei den Knaben so deutlich hervortretende Steigerung der Zunahme des Körpergewichtes und der Körperlänge.

Wenn wir die Kohlensäureabgabe bei Nr. 12 (Versuch XXXVI) gleich 100 setzen, so erhalten wir die folgenden Relationszahlen für die Kohlensäureabgabe bei weiblichen Individuen von verschiedenem Alter.

Nummer	Alter, volle Jahre	Relationszahlen	
1	7	95	91
2	9	87	
3	11	100	108
4	12	103	
5	13	105	
6	14	112	
7	15	105	
8	15	122	
9	17	104	
10	30	112	
11	40—50	142	
12	65	100	

Bei weiblichen Individuen von 8 bis 9, 11 bis 30, 40 bis 50 und 65 Jahren verhält sich also die Kohlensäureabgabe etwa wie 91 : 108 : 142 : 100.

Wie aus einem Vergleich mit Andral's und Gavarret's in der geschichtlichen Einleitung angeführten Werthen hervorgeht, sind auch bei weiblichen Individuen die von uns ermittelten Zahlen für die Kohlensäureabgabe grösser als jene.

Die Angabe dieser Autoren, dass die Pubertät und die Menstruation die Kohlensäureabgabe vermindern sollten, findet in unseren Versuchen keine Stütze.

Um von der Grösse der Kohlensäureabgabe bei weiblichen Individuen eine nähere Vorstellung zu geben, stellen wir in der folgenden Tabelle die bei den verschiedenen Versuchen gefundenen Minimalwerthe zusammen und weisen im Uebrigen auf die Discussion der Versuchsresultate an männlichen Individuen hin.

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Minimum der Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde, Gramm	Relationszahlen
		Jahre	Tage		
1	XXXV.	7	316	22·3	92
2	XXII.	9	334	19·7	81
3	XIX.	11	57	24·0	89
4	XXVI.	12	68	25·7	106
5	XXIV.	13	53	25·0	103
6	XXV.	14	15	27·0	111
7	XXIII.	15	54	26·7	110

Nummer	Versuch	Mittleres Alter		Minimum der Kohlensäureabgabe pro Individuum und Stunde, Gramm	Relationszahlen
		Jahre	Tage		
8	XX.	15	217	30·7	126
9	XXVIII.	17	253	25·3	104
10	XXVII.	etwa 30	—	26·4	109
11	V.	40—50	—	36·3	149
12	XXXVI.	65	290	24·3	100

Diese Minimalwerthe geben wesentlich dieselben Resultate wie die Mittelwerthe.

In der folgenden Tabelle stellen wir unsere Berechnungen über die Kohlensäureabgabe pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht zusammen.

Die Kohlensäureabgabe bei weiblichen Individuen pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht.

Nummer	Versuch	Körpergewicht, Kilogramm	CO_2 pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht, Gramm	Relationszahlen
1	XXXV.	21·8	1·133	290
2	XXII.	26·6	0·850	218
3	XIX.	31·0	0·845	217
4	XXVI.	36·2	0·743	191
5	XXIV.	39·5	0·696	178
6	XXV.	44·3	0·661	170
7	XXIII.	48·6	0·562	144
8	XX.	49·9	0·639	164
9	XXVIII.	53·9	0·503	129
10	XXVII.	53·9	0·540	138
11	V.	67·0	0·554	142
12	XXXVI.	66·9	0·390	100

Das Ergebniss ist hier im grossen Ganzen dasselbe wie bei der entsprechenden Zusammenstellung der Versuche an männlichen Individuen. Je grösser das Körpergewicht ist, um so kleiner wird im Allgemeinen die Kohlensäureabgabe pro 1 ^{kg} Körpergewicht. Von dieser Regel finden sich allerdings einige Ausnahmefälle vor, unter welchen jedoch eigentlich nur Nr. 8 (Versuch XX) von grösserer Bedeutung ist.

Unter Anwendung derselben Constanten wie bei den Versuchen an männlichen Individuen haben wir die Körperoberfläche sowie die Kohlensäureabgabe pro 1 qm bei unseren weiblichen Versuchspersonen berechnet. Die Resultate sind folgende.

Die Kohlensäureabgabe bei weiblichen Individuen pro Stunde und Quadratmeter Körperoberfläche.

Nummer	Versuch	Körperoberfläche Quadratmeter	Kohlensäure proQuadratmeter und Stunde, Gramm	Relationszahlen
1	XXXV.	0·928	26·61	211
2	XXII.	1·088	20·78	164
3	XIX.	1·204	21·75	172
4	XXVI.	1·336	20·14	159
5	XXIV.	1·490	18·46	146
6	XXV.	1·608	18·22	144
7	XXIII.	1·711	15·99	126
8	XX.	1·741	18·32	145
9	XXVIII.	1·838	14·78	117
10	XXVII.	1·788	16·27	129
11	V.	2·068	17·94	142
12	XXXVI.	2·066	12·64	100

Wir finden hier ganz dasselbe Ergebniss, welches wir bei den männlichen Individuen erhielten, wieder. Und da unsere weiblichen Versuchspersonen im Allgemeinen ganz exemplarisch still sassen, ist das vorliegende Ergebniss vielleicht noch beweisender. Bei den kleinsten Mädchen ist die Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter Körperoberfläche mehr als doppelt so gross, wie bei den alten Damen (Versuch XXXVI) und es mag als eine Eigenthümlichkeit noch bemerkt werden, dass die Relationszahl für die kleinen Mädchen fast genau dieselbe ist als diejenige für die kleinen Knaben. Von der ersten Altersclasse an wird die pro Einheit der Körperoberfläche berechnete Kohlensäureabgabe, ganz wie bei den Knaben, immer geringer.

Eine Berechnung derselben Art, wie die früher für männliche Individuen durchgeführte (vgl. S. 80) ergiebt Folgendes. Angenommen

dass die Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter Körperoberfläche bei Kindern und älteren Damen gleich gross wäre, so sollte dieselbe, da die Kohlensäureabgabe im Versuch XXXVI 12·64 g pro Quadratmeter beträgt, bei den kleinsten Mädchen (Nr. 1) 0·928 × 12·64 = 11·73 g ausmachen, was pro 1 kg Körpergewicht (21·8 kg) 0·539 g entspricht. Wir haben aber für die kleinsten Mädchen 1·133 g Kohlensäure pro 1 kg Körpergewicht gefunden.

Der mächtige Einfluss, den das jugendliche Alter an und für sich auf die Kohlensäureabgabe ausübt, gewinnt eine sehr interessante Beleuchtung durch Versuche, welche wir aus den vorhergehenden Zusammenstellungen ausgeschlossen haben, weil sich die Versuchspersonen dabei ziemlich lebhaft bewegten. Dessen ungeachtet hat in diesen Versuchen die Kohlensäureabgabe den Werth lange nicht erreicht, welcher bei jungen und ganz stillsitzenden Mädchen erhalten wurde.

Wir theilen einen solchen Versuch hier mit.

Versuch II. 30. März 1893.

19 junge Damen. Mittleres Alter 15 Jahre. Mittleres Körpergewicht 47·4 kg. Während des Versuches genossen die Versuchspersonen Bonbons und Kuchen (zusammen 2·3 kg) und 1·2 kg Wasser. A = 99·0. B = 761 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur			Feuchtigkeitsdruck, Millimeter		Kohlensäure pro Mille		Gramm		
		in den Gasuhren	der einströmenden Luft	in der Respirationskammer	der einströmenden Luft	in d. Respirationskammer	beobachtet	corrigirt	C	CO_2	H_2O
	cbm				Approx.						
12h17′ Nachm.		289·3	—	291·3	2·5	4·8	0·700 I. 0·680 II. 0·680 III.	0·683			
	16·59								86·1	316	336
12h47′ „		289·3	—	293·2	2·6	7·6	2·244	2·222			
	17·93								82·8	304	205
1h17′ „		289·3	—	294·3	2·7	8·7	3·480	3·440			
	17·23								103·4	379	344
1h47′ „		289·3	—	294·7	2·8	11·0	4·943	4·871			
	18·23								107·3	393	484
2h17′ „		289·3	—	295·6	2·9	14·2	6·052 I. 6·032 II.	5·929			
								Sa.	379·6	1392	

Pro Kilogramm und Stunde beträgt die Kohlensäureabgabe im Mittel 0·772 g, während sie bei 8jährigen Mädchen 1·33 und bei 10- bis 11jährigen 0·850 (Versuch XXXV, XXII, XIX) beträgt. Ja sogar die Periode ($1^h 47'$ bis $2^h 17'$ Nachm.), während welcher die grösste Kohlensäureabgabe erschien, giebt pro Stunde und Kilogramm nur 0·873, also fortwährend weniger als bei 8jährigen Mädchen und nur unbedeutend mehr als bei 10- bis 11jährigen, wenn sie ganz still sitzen.

Dasselbe Resultat geht auch aus der Berechnung der Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter der Körperoberfläche hervor. Pro Stunde und Quadratmeter Körperoberfläche ist die Kohlensäureabgabe bei dem vorliegenden Versuch im Mittel 21·75 und während der Periode von $1^h 47'$ bis $2^h 17'$: 24·55 g. Bei den kleinsten Mädchen ist sie aber 26·61 und bei den drei folgenden Altersclassen bezw. 20·78, 21·75, 20·14.

§ 3. Die Kohlensäureabgabe bei männlichen und weiblichen Individuen.

Ein Vergleich zwischen den in den oben mitgetheilten Tabellen enthaltenen Zahlen für die Kohlensäureabgabe bei männlichen und weiblichen Individuen ergiebt sofort, dass diese bei weiblichen Individuen erheblich geringer ist als bei männlichen, gleichgültig wie die Versuche berechnet werden.

Der besseren Uebersicht halber haben wir aus diesem Gesichtspunkte unsere Versuche in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Dabei sind aber nur solche Versuche aufgenommen, bei welchen die männlichen und die weiblichen Individuen hinsichtlich ihrer Körpergrösse und ihres Alters einander gleich gewesen sind. Ferner haben wir die Versuche Nr. 4 und 6, 9 und 10, 16 und 17 an männlichen Individuen, und die Versuche Nr. 7 und 8 sowie 9 und 10 an den weiblichen Individuen zusammengeschlagen, weil das Körpergewicht und das Alter bei diesen Versuchen nur wenig differiren, wenn wir nämlich für den Versuch Nr. 10 an weiblichen Individuen eine Ausnahme machen. Das mittlere Alter ist hier allerdings 30 Jahre, das Körpergewicht aber ganz dasselbe wie im Versuch Nr. 9 und dazu noch die Kohlensäureabgabe etwas grösser.

Das Verhältniss zwischen der Kohlensäureabgabe bei männlichen und weiblichen Individuen.

A. Pro Kilogramm Körpergewicht.

Männliche Individuen			Weibliche Individuen			Kohlensäure pro Stunde und Kilogramm		Relationszahlen, weibliche Individuen : männlichen
Nummer in der Generaltabelle I.	Körpergewicht, Kilogramm	Alter, volle Jahre	Nummer in der Generaltabelle II.	Körpergewicht, Kilogramm	Alter, volle Jahre	Männliche Individuen	Weibliche Individuen	
1	20·1	7	1	21·8	7	1·149	1·133	100 : 101
2	27·5	9	2	26·6	9	1·207	0·850	100 : 142
4 u. 6	30·9	10—11	3	31·0	11	1·085	0·845	100 : 131
7	34·1	12	4	36·2	12	0·997	0·743	100 : 134
9 u. 10	44·9	13—14	6	44·3	14	0·980	0·661	100 : 148
11	51·4	15	7 u. 8	49·3	15	0·813	0·601	100 : 135
12	55·5	17	9 u. 10	53·9	17, 30	0·814	0·522	100 : 156
16 u. 17	72·4	30—50	11	67·0	40—50	0·499	0·554	100 : 90
18	84·6	57	12	66·9	65	0·407	0·390	100 : 104

B. Pro Quadratmeter Körperoberfläche.

Männliche Individuen		Weibliche Individuen		Kohlensäure pro Stunde und Quadratmeter		Relationszahlen, weibliche Individuen : männlichen
Nummer in der Generaltabelle I.	Körperoberfläche, Quadratmeter	Nummer in der Generaltabelle II.	Körperoberfläche, Quadratmeter	Männliche Individuen	Weibliche Individuen	
1	0·879	1	0·928	26·27	26·61	100 : 99
2	1·112	2	1·088	26·89	20·78	100 : 144
4 u. 6	1·202	3	1·204	27·88	21·75	100 : 128
7	1·283	4	1·336	26·49	20·14	100 : 132
9 u. 10	1·623	6	1·608	27·12	18·22	100 : 149
11	1·776	7 u. 8	1·726	23·54	17·16	100 : 137
12	1·869	9 u. 10	1·811	24·18	15·53	100 : 156
16 u. 17	2·177	11	2·068	16·55	17·94	100 : 90
18	2·415	12	2·066	14·24	12·64	100 : 113

Sowohl nach dem Körpergewicht als nach der Körperoberfläche berechnet ergeben die Versuche, dass im **jugendlichen Alter** die Kohlensäureabgabe bei männlichen Individuen beträchtlich grösser als bei weiblichen etwa desselben Alters und desselben Körpergewichtes ist. Von dieser Regel stellt allerdings die erste Altersclasse eine Ausnahme dar, indem hier die Kohlensäureabgabe bei Mädchen sogar etwas grösser ist als bei Knaben. Diese Ausnahme findet aber ihre Erklärung darin, was wir oben (S. 73) über den allgemeinen Körperzustand der jüngsten Knaben bemerkt haben.

Die übrigen Versuche geben als Relation zwischen der Kohlensäureabgabe bei weiblichen und männlichen Individuen sowohl nach Kilogramm Körpergewicht als nach Quadratmeter Körperoberfläche im Mittel 100:141. Die Variationen bei den verschiedenen Altersclassen sind nur klein: die Extreme sind 100:131 und 100:156 (nach Kilogramm Körpergewicht).

Dieses Resultat ist schon früher von Scharling, Andral-Gavarett und Speck ausgesprochen worden. Man dürfte jedoch ohne Uebertreibung sagen können, dass diese Autoren dasselbe eher geahnt als bewiesen haben. Denn Scharling's und Speck's Versuchsmaterial war nur wenig umfangreich; Andral und Gavarret dehnten allerdings ihre Versuche auf eine grössere Anzahl Individuen aus, sie versäumten aber das Körpergewicht ihrer Versuchspersonen mitzutheilen und deswegen sind ihre Zahlenwerthe nur wenig beweisend.

Wir können uns nicht vorstellen, dass die Ursache der verschieden grossen Kohlensäureabgabe bei männlichen und weiblichen Individuen von irgend einer Zufälligkeit bedingt ist. Es ist wohl wahr, dass jene im Allgemeinen nicht so vollkommen still sassen wie diese. Daraus lässt sich aber die grosse Differenz nicht erklären, denn z. B. in Versuch Nr. 2 sassen die Knaben absolut eben so still als die Mädchen im entsprechenden Versuch, und trotzdem ist die Relation hier zwischen Mädchen und Knaben wie 100:142; dasselbe gilt von Nr. 12 (Jünglinge) im Vergleich mit Nr. 9 und 10 (junge Damen).

Die Erklärung der betreffenden Thatsache ist, unserer Meinung nach, vor allem darin zu suchen, dass männliche Individuen in der Regel eine im Verhältniss zum Körpergewicht grössere Muskelmasse als weibliche Individuen besitzen, wozu noch möglicherweise der Muskeltonus bei jenen grösser ist als bei diesen.

Leider ist unser Versuchsmaterial zu wenig umfangreich, um uns zu erlauben, ganz bestimmte Schlüsse hinsichtlich der Kohlensäureabgabe bei Männern und Frauen, welche ihre Wachsthumsperiode schon zurückgelegt haben, zu ziehen. Es scheint aber aus den Versuchen

Nr. 16 bis 18 an männlichen Individuen, mit den Versuchen Nr. 11 und 12 an weiblichen Individuen verglichen, hervorzugehen, dass sich der im Kindes- und Jugendalter so deutlich und scharf hervortretende Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern allmählich verwischt, um endlich bei herannahendem Greisenalter ganz zu verschwinden.

Jedoch scheinen uns neue Versuche nothwendig zu sein, ehe diese Frage endgültig beantwortet werden kann.

§ 4. Einige hygienische Bemerkungen.

Eine genauere Kenntniss von der Kohlensäureabgabe bei Individuen verschiedenen Alters und Geschlechts hat insofern ein hygienisches Interesse, als wir hierdurch die Möglichkeit gewinnen, durch Analyse des Kohlensäuregehaltes in der Luft eine approximative Schätzung der Ventilationsgrösse in einem Zimmer, wo sich Menschen befinden, zu erhalten. Für Schulen, wo man nicht selten sowohl den Kohlensäuregehalt als die Ventilationsgrösse während der Schulstunde selbst zu bestimmen wünscht, scheint dies von einer gewissen Bedeutung zu sein.

Unsere in diesem Abschnitt dargestellten Versuche sind vor Allem gerade zu diesem Zwecke geeignet, da ja die Versuchsbedingungen denen sehr ähnlich sind, welche bei einer Schulstunde stattfinden.

Kurz zusammengefasst sind unsere Ergebnisse über die Kohlensäureabgabe bei Kindern und jungen Leuten die folgenden:

Alter, Jahre	CO_2 pro Individuum und Stunde	
	Gramm	Liter bei 0° und 760 mm
Männliche Individuen.		
$9^1/_2$—$12^1/_2$	33·6	17·1
$13^1/_2$—$19^1/_2$	43·6	22·2
Weibliche Individuen.		
8—10	23·6	12·0
11—18	28·0	14·2

Wir bemerken, dass sich die Ergebnisse auf wohlgenährte Individuen beziehen.

Will man unter Anwendung dieser Werthe die Ventilation in einem Schulzimmer approximativ berechnen, hat man nur die allgemeine Ventilationsformel zu benutzen, wobei selbstverständlich

Approximationen und Vereinfachungen gemacht werden können. Nach dem, was wir in der ersten Abtheilung schon gesagt haben, dürfte eine Darstellung, wie diese Berechnung auszuführen ist, nicht nothwendig sein. Da die Ventilationsmenge hier unbekannt ist, muss man natürlich die Berechnung durch Einsetzen von Probewerthen vornehmen; wenn man aber mehrere kurze Versuchsperioden nimmt und bei der präliminären Rechnung die Formel 8, Seite 30, benutzt, kann man sich die Arbeit wesentlich erleichtern.

Der Kohlensäuregehalt der Luft wird nach Pettenkofer als Indicator der Luftverderbniss in einem bewohnten Zimmer benutzt, und zwar bezeichnet man als die obere Grenze des zulässigen Kohlensäuregehaltes 0·7 bis 1·0 pro Mille.

Ohne das hygienisch Richtige darin, hohe Anforderungen an die Beschaffenheit der Luft in bewohnten Zimmern zu stellen, bestreiten zu wollen, müssen wir jedoch bemerken, dass wir bei unseren Versuchen gar nichts gefunden haben, was ungezwungen als Zeichen darauf gedeutet werden könnte, dass der Kohlensäuregehalt einen Ausdruck für die Luftverderbniss darstelle. Unsere Versuchsindividuen klagten zuweilen über das von dem Wasserpumpwerk und von dem Flügelrad erzeugte Geräusch; dagegen machten sie nie eine Bemerkung über „schlechte Luft", sogar nicht, wenn der Kohlensäuregehalt ein sehr hoher war. Beim Eintritt in die Respirationskammer nach den Versuchen haben wir oft bei einem Kohlensäuregehalt von 3 bis 4 pro Mille mit dem Geruch keine Luftverderbniss wahrnehmen können. In anderen Fällen konnte es eintreffen, dass die Luft schon bei 1 bis 1·5 pro Mille Kohlensäure als sehr unangenehm bezeichnet werden musste. Dies ist natürlich von der verschiedenen Reinlichkeit und Sauberkeit der Versuchspersonen abhängig gewesen. Da diese aber in keinem Verhältniss zur Kohlensäureabgabe steht, dürfte die letztere keinen absoluten Massstab wenigstens für die Qualität der Luft darstellen.

Von einem grösseren hygienischen Interesse als die Kohlensäureabgabe ist die Abgabe von Wasserdampf, und zwar vor Allem für die Wohnungshygiene.

Eine der grössten Ungelegenheiten, welche eine engbewohnte Wohnung verursacht, liegt darin, dass Wasserdampf in grösserer Menge abgegeben wird, als die Ventilation zu entfernen vermag. Die Folge davon ist die, dass der Wasserdampf auf die Wände condensirt und von diesen, wenn sie porös sind, zurückgehalten wird. Dadurch entstehen öfters sogenannte feuchte Wohnungen. Eine bestimmte Relation

zwischen dem abgegebenen Wasserdampf und dem mit der Ventilation entfernten darf daher nicht überschritten werden. Welche Relation in dieser Hinsicht eingehalten werden muss, damit keine Condensation von Wasser stattfinden soll, ist von der Dicke der Mauern, von der inneren und äusseren Lufttemperatur u. s. w. abhängig.[1]

Um das Maximum von Menschen zu berechnen, die eine bestimmte Wohnung bewohnen können, ist es nothwendig zu wissen, wie viel Wasserdampf ein Mensch thatsächlich abgiebt. Aus unseren Versuchen über die Abgabe von Wasserdampf bei Menschen verschiedenen Alters und Geschlechtes werden wir daher die Ergebnisse derjenigen Perioden anführen, welche die genauesten Resultate gegeben haben. Beim Bericht über die Controlversuche wiesen wir nach, wie bei zunehmender Feuchtigkeit in der Respirationskammer auch die Wasserabsorption der Wände zunahm, was zur Folge hatte, dass zu geringe Wassermengen während der späteren Perioden eines Versuches gefunden wurden. Uebrigens war auch während der ersten Periode die gefundene Wassermenge in der Regel zu niedrig. Daher haben wir bei der Bearbeitung der Versuche nur diejenigen Werthe in Betracht genommen, welche während der ersten Stunde erhalten wurden. Da wir endlich keine Schlussfolgerungen aus den einzelnen Versuchen an und für sich, sondern nur aus den mittleren Werthen gezogen haben, so dürften — nach den Controlversuchen zu urtheilen — die Analysenfehler für diese Mittelwerthe nicht mehr als etwa 10 Procent betragen.

Denjenigen Factoren gegenüber, welche in negativer Richtung wirken, existirt auch noch ein anderer, welcher die Wasserdampfabgabe vielleicht erhöhen kann. Die Versuchsindividuen waren nämlich gleich vor dem Eintritt in die Respirationskammer in Bewegung gewesen; sie waren daher möglicher Weise schweissig und erhitzt und gaben in Folge dessen während der ersten Versuchsstunde die an den Kleidern anhaftende Feuchtigkeit ab.

In Anbetracht dessen, dass unsere Absicht nicht war, minimale Werthe, sondern solche Werthe, die im praktischen Leben vorkommen, zu erhalten, ist das zuletzt erwähnte Verhalten als ein günstiges aufzufassen. Es entspricht z. B. gerade dem Verhalten in einer Schule, in welche die Schüler, gleich nachdem sie in einer mehr oder weniger kräftigen Bewegung gewesen sind, hineinkommen.

---

[1] Vgl. Sondén, *Bihang till Stockholms Helsovårdsnämnds årsberättelse för 1892.* Stockholm 1893.

Unter den „Zufällen", welche auf die Ergebnisse einwirken, müssen wir an die Temperatur erinnern (s. die Versuchsprotocolle). In der Regel ist die Temperatur in der Respirationskammer 18 bis 21° C. gewesen.

Die nachfolgende Tabelle giebt die Wasserdampfabgabe bei unseren Versuchen approximativ an; in derselben haben wir ausserdem auch Verhältnisszahlen zwischen der gleichzeitigen Kohlensäure- und der Wasserdampfabgabe mitgetheilt.

Alter, Jahre	Zahl der Versuche	Wasser pro Stunde, Gramm	$CO_2 : H_2O$
	I. Männliche Individuen.		
$9^1/_2$—$12^1/_2$	6	38	100 : 101
$13^1/_2$—17	4	45	100 : 103
$19^1/_2$—23	2	46	100 : 109
	II. Weibliche Individuen.		
8—13	5	33	100 : 133
13—18	4	37	100 : 130
[60—70	1	37	100 : 140]

Rubner[1] schätzt die tägliche Wasserdampfabgabe zu etwa 900 g, was für 1 Stunde 37·5 g beträgt.

§ 5. Schlussfolgerungen.

Wir können natürlich nicht die im Vorhergehenden dargestellten Erfahrungen hier wiederholen, wollen aber die wichtigsten Resultate übersichtlich zusammenstellen.

1. Bei männlichen Individuen nimmt die Kohlensäureabgabe zwischen dem 9. und 12. Jahre nur so wenig zu, dass die Differenzen innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Variationen fallen. Sie ist also bei Knaben dieses Alters im grossen Ganzen etwa gleich gross und beträgt etwa 33 bis 34 g pro Individuum und Stunde.

Im 13. Lebensjahre steigt die Kohlensäureabgabe beträchtlich in die Höhe und behält diesen hohen Werth bis zum 19. Jahre. Während dieser Jahre ist sie etwa 42 bis 45 g pro Individuum und Stunde.

Vom 20. Lebensjahre an nimmt die Kohlensäureabgabe wieder ab und beträgt bei Männern zwischen 20 bis 30

[1] Rubner, *Lehrbuch der Hygiene.* 4. Aufl., S. 25. 1892.

Jahren 38, bei Männern von 35 bis 60 Jahren 34 bis 37 g pro Individuum und Stunde.

Bei männlichen Individuen im Alter von 9 bis 12, 13 bis 19, 22 bis 25, 34 bis 44 und 57 Jahren verhält sich die Kohlensäureabgabe wie 98 : 126 : 111 : 105 : 100.

2. Bei weiblichen Individuen ist die Kohlensäureabgabe zwischen dem 8. und 10. Jahre etwa 23 bis 25 g pro Individuum und Stunde.

Sie nimmt dann zu, ohne jedoch die bei den Knaben hervortretende steile Steigerung zu zeigen, und variirt während der ganzen Periode vom 11. bis 30. Jahre nur zwischen 26 und 32 g pro Individuum und Stunde.

Bei einem reiferen Alter scheint sie etwas, wenn auch nicht in einem höheren Grade, abzunehmen, und ist bei alten, 65jährigen Frauen etwa 26 g pro Individuum und Stunde.

Bei weiblichen Individuen im Alter von 7 bis 9, 11 bis 30 und 65 Jahren verhält sich die Kohlensäureabgabe wie 91 : 108 : 100.

3. Sowohl bei männlichen als bei weiblichen Individuen ist die Kohlensäureabgabe pro Kilogramm Körpergewicht grösser bei jüngeren (und leichteren), als bei älteren (und schwereren) Individuen. (In Bezug auf absolute und relative Zahlenangaben siehe S. 77, 90.)

4. Sowohl bei männlichen als bei weiblichen Individuen ist die Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter Körperoberfläche grösser bei jüngeren als bei älteren Individuen, wodurch bewiesen wird, dass der jugendliche Körper an und für sich und unabhängig von seiner geringeren Körpergrösse einen regeren Stoffwechsel besitzt. (In Bezug auf absolute und relative Zahlenangaben siehe S. 79, 90.)

5. Im jugendlichen Alter ist die Kohlensäureabgabe sowohl pro Kilogramm Körpergewicht als pro Quadratmeter Körperoberfläche beträchtlich grösser bei männlichen, als bei weiblichen Individuen etwa desselben Alters und desselben Körpergewichtes. Im Mittel ist die Relation hier wie 100:140.

Dieser im Kindes- und Jugendalter so deutlich hervortretende Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern scheint sich allmählich zu verwischen, um endlich bei herannahendem Greisenalter ganz zu verschwinden.

Dritter Abschnitt.

Ueber die Kohlensäure- und die Stickstoffabgabe des Menschen während der verschiedenen Stunden des Tages.

§ 1. Geschichtliche Einleitung.

Die einzigen bisher vorliegenden ausführlichen Untersuchungen über die Kohlensäureabgabe des Menschen während der verschiedenen Stunden des Tages sind von E. Smith und Magnus-Levy ausgeführt.

Smith athmete durch eine dicht schliessende Maske; die ausgeathmete Luft wurde mittels einer trockenen Gasuhr gemessen, wonach sie durch Gefässe mit Schwefelsäure, bezw. Aetzkali zur Absorption von Wasserdampf bezw. Kohlensäure geleitet wurde. Die Kohlensäure wurde durch Wägung bestimmt.

Die Versuche wurden so ausgeführt, dass entweder die Kohlensäure jede Stunde während 5 bis 10 Minuten bestimmt wurde, oder auch die Versuchsperson den ganzen Tag hindurch, nur mit Ausnahme der Mahlzeiten, durch die Maske athmete.

Die Ergebnisse seiner Versuche hat Smith in englischen Grains ($1^g = 15{\cdot}432$ Grains) mitgetheilt. In der folgenden Zusammenstellung haben wir dieselben in Gramme umgerechnet.

Zeit	Kohlensäure pro Minute, Gramm. Beobachtungsdauer 10 Min.			Bemerkungen
	I. Smith	II. Dr. Murie	III. Dr. Moul	
7h Vorm.	0·408	0·398	0·616	
8h „	0·405	0·440	0·528	
8h 30′ „	—	—	—	Frühstück
9h „	0·564	0·592	0·533	
9h 30′ „	0·512	0·522	0·736	
10h „	0·482	0·583	0·580	
11h „	0·525	0·532	0·572	
12h Mittags	0·578	0·531	0·596	
1h Nachm.	0·580	0·473	0·496	
1h 30′ „	—	—	—	Mittagsessen
2h „	0·570	0·522	0·588	
3h „	0·590	0·598	0·557	
4h „	0·615	0·457	0·567	
5h „	0·620	0·497	0·438	
5h 30′ „	—	—	—	Thee
6h „	0·645	0·599	0·525	

Zeit	Kohlensäure pro Minute, Gramm. Beobachtungsdauer 10 Min.			Bemerkunge
	I. Smith	II. Dr. Murie	III. Dr. Moul	
7h Nachm.	0·622	0·548	0·655	
8h „	0·622	0·507	0·538	
8h 30′ „	—	—	—	Abendbrod
9h „	0·590	0·510	0·502	
10h „	0·619	0·493	0·541	
11h „	0·608	0·499	0·535	
12h „	0·617	0·475	0·486	
	IV. Smith[1]	V. Prof. Frankland[1]	VI. Dr. Moul[1]	
6h 30′ Vorm.	0·577	0·337	0·460	
7h „	0·583	0·350	0·473	
8h „	0·564	0·298	0·441	
8h 30′ „	—	—	—	Frühstück
9h „	0·655	0·389	0·460	
9h 30′ „	0·674	0·486	0·551	
10h 5′ „	0·706	0·538	0·544	
10h 35′ „	0·745	0·486	0·557	
11h 5′ „	0·732	0·402	0·525	
12h Mittags	0·629	0·434	0·467	
1h Nachm.	0·648	0·395	0·499	
1h 30′ „	—	—	—	Mittagsessen
2h „	0·609	0·421	0·493	
2h 30′ „	0·616	0·441	0·493	
3h „	0·642	0·421	0·583	
4h „	0·700	0·454	0·551	
5h „	0·583	0·441	0·525	
5h 30′ „	—	—	—	Thee
6h 10′ „	0·629	0·454	0·551	
6h 35′ „	0·745	0·486	0·564	
7h „	0·713	0·505	0·596	
8h „	0·693	0·499	0·609	
9h „	0·590	—	0·538	
10h „	0·570	—	0·467	

[1] In IV bis IX sind 0·01 von Grains nach bekannten Regeln fortgelasse

Zeit	Kohlensäure pro Minute, Gramm. VII. Ununterbrochenes Aufsammeln von Kohlensäure. Versuchsperson Smith	Mittel aus Bestimmungen	Bemerkungen
6h 45′ bis 8h 15′ Vorm.	0·498	7	
8h 30′ „	—	—	Frühstück
8h 30′ „ 9h 30′ „	0·674	3	
9h 30′ „ 10h 30′ „	0·642	4	
10h 30′ „ 11h 30′ „	0·680	4	
11h 30′ „ 1h 15′ Nachm.	0·700	7	
1h 30′ „	—	—	Mittagsessen
1h 47′ „ 2h 30′ „	0·583	4	
2h 30′ „ 3h 30′ „	0·609	4	
3h 30′ „ 4h 30′ „	0·583	4	
4h 30′ „ 5h 15′ „	0·596	3	
5h 30′ „	—	—	Thee
5h 45′ „ 6h 30′ „	0·674	4	
7h 15′ „ 8h 15′ „	0·564	3	
8h 15′ „ 9h 15′ „	0·544	2	
	VIII.		
7h 30′ Vorm.	0·454	sitzend	
8h 30′ „	—	—	Frühstück
8h 45′ „	0·525	sitzend	
9h 30′ „	0·804	„	
10h 30′ „	0·674	„	
11h 30′ „	0·713	„	
12h 30′ Nachm.	0·661	„	
12h 45′ „	0·732	„	
1h „	0·713	„	
1h 30′ „	—	—	Mittagsessen
1h 46′ „	0·654	sitzend	
2h 30′ „	0·654	stehend von 2h 40′	
3h 5′ „	0·810	sitzend	
3h 30′ „	0·771	stehend von 4h 15′ bis 4h 30′	
4h 30′ „	0·752	stehend ½ St., sitzend 20 Min. stehend 25 Min.	
5h 35′ „	—	—	Thee
5h 45′ „	0·855	sitzend ½ St., stehend ½ St.	
6h 30′ „	0·726	sitzend ¼ St., stehend ½ St., sitzend ¼ St.	
7h 46′ „	0·823	sitzend ½ St., stehend 14 Min.	
8h 30′ „	—	—	Abendbrod
8h 48′ „	0·758	sitzend	
9h 30′ „	0·797	„	
9h 50′ „	0·888	sitzend ½ St., stehend 10 Min.	
10h 30′ bis 11h 30′ „	0·732	sitzend	

Auch machte Smith an sich selbst einen Versuch beim Hungern. Das Ergebniss ist folgendes:

Zeit	IX. Kohlensäureabgabe pro Minute. Beobachtungsdauer 5 Min.	Bemerkungen
6. Juli. 9^h 30′ Vorm.	—	Die letzte Mahlzeit.
1^h Nachm.	0·486	
2^h „	0·447	
3^h „	0·480	
4^h „	0·460	
5^h „	0·454	
6^h „	0·454	
7^h „	0·454	
8^h „	0·434	
9^h „	0·454	
10^h „	0·460	
11^h „	0·421	
7. „ 7^h Vorm.	0·454	
8^h „	0·428	
9^h „	0·467	
10^h „	0·434	

Smith theilt noch einige Beobachtungen über die Kohlensäureabgabe im Schlafe mit. Eine Nacht „whilst scarcely awake" bestimmte er seine Kohlensäureabgabe um 1 Uhr 30 Min., 2 Uhr 30 Min. und 6 Uhr 15 Min. Vormittags und erhielt dabei pro Minute 0·369, 0·382, 0·395 g CO_2 (Beobachtungsdauer 15 Min.). Eine andere Nacht fand er bei einem leichten Schlaf um 1 und 3 Uhr Vormittags 0·318 und 0·324 g CO_2 pro Minute (Beobachtungsdauer auch hier 15 Minuten).[1]

Magnus-Levy führte seine Versuche nach der in Zuntz' Laboratorium geübten Methode aus.[2] Die Dauer der Probenahme scheint zwischen 17 und 35 Minuten variirt zu haben, und war für den längsten von ihm mitgetheilten Versuch beim Hunger im Mittel 23 Min. In diesem Versuch, welcher von 9 Uhr Vormittags bis 7 Uhr 21 Min. Vormittags des folgenden Tages währte, wurden die folgenden Werthe für die Kohlensäureabgabe pro Minute erhalten.[3]

---

[1] Smith, *Philosophical transactions.* Bd. CIL, 2, S. 688—694, 696—698. 1859.

[2] Magnus-Levy, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. LV, S. 1—126. 1893.

[3] Dieselben sind von uns in Gramme reducirt.

Zeit	CO_2 pro Min. Gramm	Bemerkungen.
9h 3′ Vorm.	0·384	Die letzte Mahlzeit 13 Stunden vor dem Versuche.
9h 35′ „	0·316	
10h 9′ „	0·331	
11h 48′ „	0·314	
12h 46′ Nachm.	0·325	
1h 40′ „	0·335	
2h 48′ „	0·333	
3h 49′ „	0·329	
4h 50′ „	0·314	
5h 41′ „	0·317	
6h 44′ „	0·333	
7h 55′ „	0·302	200 ccm Wasser.
9h 45′ „	0·302	
10h 6′ „	0·274	Schläft.
10h 30′ „	0·294	
12h 53′ Vorm.	0·296	Schläft von Zeit zu Zeit.
1h 19′ „	0·292	
1h 41′ „	0·315	
4h 16′ „	0·337	do. do.
4h 39′ „	0·339	
7h 1′ „	0·353	
7h 21′ „	0·323	

Ferner machte Magnus-Levy Versuche nach Nahrungsaufnahme in der Weise, dass er zuerst den respiratorischen Gaswechsel bei Fasten bestimmte, dann seiner Versuchsperson eine verschieden zusammengesetzte Kost verabreichte und untersuchte, wie sich der Gaswechsel dadurch veränderte. Da wir bis jetzt keine Versuche in dieser Richtung gemacht haben, werden wir diese Versuche Magnus-Levy's hier übergehen.

Dagegen erlauben wir uns einen Versuch von ihm mitzutheilen, bei welchem die Versuchsperson zu den gewöhnlichen Mahlzeitsstunden frei gewählte Kost genoss. Dieser Versuch ergab Folgendes.

Zeit	CO_2 pro Min., Gramm	Bemerkungen.
8h 47′ bis 9h 7′ Vorm.	0·325	Bei Fasten; Mittel aus 2 Bestimmungen.
10h „	—	Frühstück.
10h 32′ „	0·418	
11h 38′ „	0·473	

Zeit	CO_2 pro Min., Gramm	Bemerkungen.
$12^h 37'$ Nachm.	0·416	
$1^h 35'$ „	0·382	
$1^h 55'$ „	—	Mittagsessen
$3^h 7'$ „	0·463	
$4^h 3'$ „	0·443	
$5^h 3'$ „	0·412	
$6^h 3'$ „	0·384	
$7^h 8'$ „	0·374	
8^h „	—	Abendbrod
$8^h 53$ „	0·402	
$9^h 53$ „	0·428	
$10^h 54$ „	0·378	
$1^h 10'$ Vorm.	0·304	
$4^h 32'$ „	0·321	
$7^h 45'$ „	0·359	

Nachdem wir über unsere eigenen Untersuchungen berichtet haben, werden wir die in diesen Angaben enthaltenen Ergebnisse näher besprechen.

§ 2. Die stündliche Kohlensäureabgabe bei ruhenden Menschen während 4 bis 5 Stunden.

Unsere Versuche über die Kohlensäureabgabe bei Ruhe während der verschiedenen Stunden des Tages sind in 2 Reihen ausgeführt. In der einen, welche wesentlich vorgenommen wurde, um eine Grundlage für die Beurtheilung der Einwirkung der Muskelarbeit auf die Kohlensäureabgabe zu gewinnen, währten die Versuche nur 4 bis 5 Stunden lang. Diese Versuche fanden am Vormittag statt, 2 bis 3 Stunden nachdem die Versuchsperson ihr Frühstück genossen hatte. Während der ganzen Versuchsdauer verhielt sich die Versuchsperson so still wie möglich, sitzend oder halb liegend in einem Ruhesessel. Die Kohlensäureabgabe wurde jede Stunde durch doppelte Analysen bestimmt.

Versuch XLIII. 12. Februar 1894.

F. A. W., mechanischer Arbeiter, geb. 19. Juli 1861. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 57·47 kg, nach dem Versuch 57·29 kg. Frühstück um 9 Uhr Vorm. A = 100·4. B um 10 Uhr Vorm. 715, um 12 Uhr Mittags 712 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2
10h Vorm.		289·9	291·5	4·1	0·416	0·414		
	3·04						6·7	25
11h „		289·8	291·6	5·3	0·548 0·560	0·550		
	2·99						7·3	27
12h „		289·7	291·6	5·6	0·708 0·692	0·695		
	2·99						7·3	27
1h Nachm.		289·7	291·6	5·9	0·848 0·840	0·837		
	3·11						6·4	23
2h „		289·7	291·6	6·0	0·964 0·960	0·954		
	3·14						6·7	25
3h „		289·7	291·7	6·2	1·088 1·080	1·075		

Versuch XXXII. 16. Januar 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener, geb. 2. Juni 1863. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 73·78 kg, nach dem Versuch 73·63 kg. Frühstück um 8 Uhr 15 Min. Vormittags. A = 100·4. B = 756 mm.

11h Vorm.		290·4	292·8	6·2	0·516 0·480 a) 0·484 b)	0·489		
	5·29						7·9	29
12h Mittags		290·4	292·9	6·6	0·640 0·640	0·634		
	5·31						8·4	31
1h Nachm.		290·4	292·7	6·5	0·796 0·780	0·781		
	5·31						7·9	29
2h „		290·4	292·5	6·4	0·916 0·924	0·912		
	5·30						7·9	29
3h „		290·4	292·3	6·5	1·040 1·048	1·035		
	5·30						7·3	27
4h „		290·4	292·1	6·4	1·156 1·144	1·140		

Versuch XLVII. 19. Februar 1894.

L. B., Bäcker, geb. 16. Mai 1868. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 64·76 kg, nach dem Versuch 64·36 kg. Während des Versuches genoss die Versuchsperson 60 g Wasser. Frühstück um 8 Uhr Vormittags. A = 100·4. B = 771 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2
11h 15′ Vorm.		288·8	292·4	4·9	0·440 0·428	0·431		
	3·45						9·3	34
12h 15′ Nachm.		288·8	292·3	5·6	0·608 0·612	0·606		
	3·46						8·2	30
1h 15′ „		288·8	292·1	6·0	0·768 0·752	0·754		
	3·45						8·8	32
2h 15′ „		288·9	291·8	6·1	0·920 0·912	0·909		
	3·53						8·3	30
3h 15′ „		289·0	291·4	6·1	1·060 1·052	1·048		

Versuch XXXIX. 2. Februar 1894.

E. F., Studirender, geb. 1871. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 64·40 kg, nach dem Versuch 64·15 kg. Frühstück um 9 Uhr 45 Min. Vormittags. A = 100·4. B = 749 mm.

11h 20′ Vorm.		289·9	291·6	5·5	0·488 0·484	0·482		
	5·27						9·8	36
12h 20′ Nachm.		289·9	291·6	6·1	0·672 0·668	0·665		
	5·48						8·2	30
1h 20′ „		289·9	291·6	6·3	0·828 0·804 0·812	0·808		
	5·43						8·2	30
2h 20′ „		289·9	291·6	6·4	0·956 0·944	0·942		
	5·39						8·1	30
3h 20′ „		289·9	291·5	6·6	1·076 1·080	1·069		
	5·44						7·9	29
4h 20′ „		289·9	291·5	6·6	1·200 1·192	1·185		

Versuch LXI. 29. October 1894.

E. T., Studirender, 21 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 76·00 kg, nach dem Versuch 75·75 kg. Während des Versuches genoss die Versuchsperson nichts. Frühstück um 8 Uhr Vormittags. A = 100·4. B = 761 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2
10h 15′ Vorm.		288·7	292·4	4·8	0·460 0·432	0·443		
	6·87						10·5	38
11h 15′ „		288·7	291·9	5·5	0·640 0·640	0·635		
	6·92						9·9	36
12h 15′ Nachm.		288·7	291·3	5·6	0·812 0·804	0·802		
	7·07						10·7	39
1h 15′ „		288·8	290·8	5·6	0·984 0·976	0·973		
	7·11						9·3	34
2h 15′ „		288·8	290·5	5·8	1·112 1·120	1·108		
	7·04						9·9	36
3h 15′ „		288·8	290·1	5·8	1·260 1·240	1·241		

Versuch LXIII. 3. November 1894.

O. G. Ä., Studirender, 24 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 71·60 kg, nach dem Versuch 71·45 kg. Während des Versuches genoss die Versuchsperson 145 g Wasser. Frühstück um halb 9 Uhr Vormittags.
A = 100·4. B = 754 mm.

10h 25′ Vorm.		289·5	294·3		0·456 0·452	0·450		
	7·01						9·5	35
11h 25′ „		289·5	294·0		0·632 0·636	0·627		
	7·02						7·5	28
12h 25′ Nachm.		289·5	293·6		0·760 0·760	0·752		
	7·11						8·0	29
1h 25′ „		289·5	293·0		0·896 0·880	0·878		
	7·11						7·4	27
2h 25′ „		289·6	292·6		0·996 0·992	0·983		
	7·15						6·6	24
3h 25′ „		289·6	292·3		1·072 1·080	1·064		

Versuch LXIV. 6. November 1894.

C. W. E., Studirender, 24 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 73·00 kg, nach dem Versuch 72·72 kg. Während des Versuches genoss die Versuchsperson nichts. Frühstück um halb 9 Uhr Vormittags.
A = 100·4. B = 746 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2
10h 15′ Vorm.		290·5	290·7	8·0	0·460	0·455		
	6·97						9·8	36
11h 15′ „		290·5	290·9	8·4	0·644 0·644	0·637		
	7·00						10·2	37
12h 15′ Nachm.		290·6	291·2	8·7	0·824 0·824	0·814		
	7·03						10·5	38
1h 15′ „		290·6	294·0	8·9	0·996 1·000	0·986		
	7·06						9·6	35
2h 15′ „		290·6	294·1	9·3	1·160 1·128	1·130		
	7·09						9·4	35
3h 15′ „		290·6	293·4	9·2	1·276 1·276	1·260		

Versuch LXVI. 11. November 1894.

J. H. T., Studirender, 25 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 62·80 kg, nach dem Versuch 62·87 kg. Während des Versuches genoss die Versuchsperson 390 g Wasser. Frühstück um halb 9 Uhr.
A = 100·4. B = 748 mm.

10h 35′ Vorm.		289·2	288·1	6·5	0·396 0·392	0·391		
	7·35						6·9	25
11h 37′ „		289·2	292·6	7·0	0·528 0·520	0·519		
	7·10						8·6	32
12h 37′ Nachm.		289·2	293·2	7·7	0·680 0·680	0·673		
	7·21						7·9	29
1h 37′ „		289·2	293·7	8·1	0·812 0·812	0·803		
	7·36						5·2	19
2h 37′ „		289·2	293·9	8·3	0·880 0·880	0·870		
	7·27						7·2	27
3h 37′ „		289·2	293·9	8·6	0·984 0·984	0·973		

Versuch LXVII. 17. November 1894.

N. N. W., Candidat der Philosophie, 32 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 82·60 kg, nach dem Versuch 82·60 kg. Während des Versuches genoss die Versuchsperson 160 g Wasser. Frühstück um 9 Uhr Vormittags.

A = 100·4. B = 770 mm.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2
10h 35′ Vorm.		289·6	288·8	6·9	0·448 0·448	0·444		
	6·80						10·1	37
11h 35′ „		289·6	289·1	7·4	0·628 0·636	0·626		
	6·69						10·3	38
12h 35′ Nachm.		289·6	289·4	7·8	0·800 0·816	0·800		
	6·60						9·6	35
1h 35′ „		289·6	289·5	7·8	0·960 0·960	0·950		
	6·30						8·4	31
2h 35′ „		289·6	289·6	7·9	1·080 1·084	1·071		
	6·36						10·3	38
3h 35′ „		289·6	289·8	8·1	1·232 1·232	1·219		

Der besseren Uebersicht wegen stellen wir diese Versuche in der folgenden Generaltabelle zusammen.

Generaltabelle III.

Versuch	Kohlensäureabgabe; Gramm pro Stunde. I. Stunde	II. Stunde	III. Stunde	IV. Stunde	V. Stunde	Mittel aller Stunden
XLIII. F. A. W.	25	27	27	23	25	25·3
XXXII. G. J.	29	31	29	29	27	28·9
XLVII. L. B.	34	30	32	30	—	31·7
XXXIX. E. F.	36	30	30	30	29	31·0
LXI. E. T.	38	36	39	34	36	36·8
LXIII. O. O. Ä.	35	28	29	27	24	28·6
LXIV. C. W. E.	36	37	38	35	35	36·3
LXVI. J. H. T.	25	32	29	19	27	26·2
LXVII. N. N. W.	37	38	35	31	38	35·7

Die Abweichung der einzelnen Beobachtungen vom entsprechenden Mittelwerth in Procenten des letzteren ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Abweichung der einzelnen Beobachtungen vom Mittel in Procenten derselben.

Versuch	I. Stunde	II. Stunde	III. Stunde	IV. Stunde	V. Stunde	Mittel
XLIII.	2·97	5·90	6·49	7·44	2·06	4·97
XXXII.	0·76	6·22	0·62	0·00	7·64	3·05
XLVII.	7·31	5·26	2·02	4·00	—	4·65
XXXIX.	15·49	2·52	3·45	3·55	5·94	6·13
LXI.	4·08	1·63	7·07	7·88	1·63	4·46
LXIII.	22·38	3·85	2·80	5·25	16·08	10·07
LXIV.	1·10	2·76	5·79	2·76	4·68	3·42
LXVI.	4·96	20·23	10·69	27·48	1·15	12·90
LXVII.	3·89	5·68	1·71	13·41	5·49	6·03

Die Abweichung beträgt nur in 7 Fällen mehr als 10 Procent (Versuch XXXIX: 1. Stunde, Versuch LXIII: 1. und 5. Stunde, Versuch LXVI: 2. bis 4. Stunde, Versuch LXVII: 4. Stunde) und variirt in den übrigen 37 Fällen zwischen 7·88 und 0·00 Procent.

Die mittlere Variation beträgt bei diesen Versuchen bezw. 3·05, 3·42, 4·46, 4·65, 4·97, 6·03, 6·13, 10·07, 12·90 Procent des mittleren Werthes und ist im Mittel für alle Versuche 6·19 Procent. Wir können daher sagen,

dass bei ruhig stillsitzenden Menschen die Kohlensäureabgabe in der Regel nur wenig umfangreiche Schwankungen von Stunde zu Stunde darbietet.

Dasselbe geht auch aus Figg. 4 bis 12, welche die Ergebnisse dieser Versuche graphisch darstellen, hervor.

Irgend welche deutlich hervortretende Gesetzmässigkeit in Bezug auf die Grösse der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden der einzelnen Versuche lässt sich nicht nachweisen. In einigen Versuchen (XLVII, XXXIX, LXIII) zeigt die Kohlensäureabgabe ihr Maximum während der ersten Stunde und fällt während der folgenden herab; in anderen Versuchen tritt das Maximum während der zweiten (Versuch XLIII, XXXII, LXVI, LXVII) oder der dritten Stunde auf (LXI, LXIV). Das Minimum der Kohlensäureabgabe erscheint während der letzten oder der vorletzten Stunde, und in dieser Hinsicht zeigen die Versuche eine grosse Regelmässigkeit.

Bei diesen Versuchen befanden sich, wie gesagt, die Versuchspersonen in einer sehr ruhigen Lage und bewegten sich ausserordentlich wenig. In Folge dessen ist ihre Kohlensäureabgabe natürlich geringer, als bei den im zweiten Abschnitt dargestellten Versuchen, bei welchen sich die Versuchspersonen allerdings auch ruhig verhielten, jedoch nicht so vollkommen ruhig wie hier. Da die Personen, welche zu diesen Versuchen dienten, alle etwa von demselben Alter waren, ist es erlaubt, aus diesen Versuchen das Mittel zu ziehen. Dieses Mittel stellt die Kohlensäureabgabe bei einem 20 bis 30jährigen Mann in wachem Zustande und bei vollständiger körperlicher Ruhe dar.

Bei den Versuchen LXI bis LXVII haben wir das Gewicht der Kleider nicht bestimmt. Durch zahlreiche Wägungen von Kleidern haben wir aber gefunden, dass die Kleider eines erwachsenen Mannes im Allgemeinen 5 kg wiegen und dass die Differenzen nur wenig erheblich sind. Von dem Totalgewicht unserer Versuchspersonen in den betreffenden Versuchen haben wir daher, um das Reingewicht zu erhalten, 5 kg abgezogen. Die Resultate sind dann folgende:

Versuch	Körpergewicht, Kilogramm	Alter, Jahre	CO_2 im Mittel pro Stunde, Gramm	CO_2 pro Stunde und Kilogramm, Gramm
XLIII.	57·38	32	25·3	0·441
XXXII.	73·71	30	28·9	0·392
XLVII.	64·56	25	31·7	0·491
XXXIX.	64·33	23	31·0	0·482
LXI.	70·88	21	36·8	0·519
LXII.	66·52	24	28·6	0·430
LXIV.	67·86	24	36·3	0·535
LXVI.	57·84	25	26·2	0·453
LXVII.	77·60	32	35·7	0·460
Mittel	66·74	26	31·2	0·467

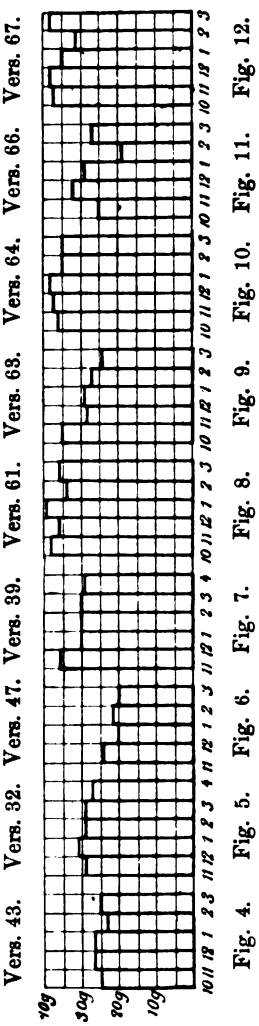


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

Als Mittelwerth pro Individuum und Stunde findet sich also 31·2 g CO_2 und pro Kilogramm Körpergewicht und Stunde 0·467 g CO_2.

Die im zweiten Abschnitt für männliche Individuen desselben Alters erhaltenen Werthe sind bezw. 38·4 und 0·569 g CO_2 (vgl. S. 73, 77).

Bei den meisten dieser Versuchspersonen führten wir auch Arbeitsversuche aus, welche wir im 4. Abschnitt dieser Abhandlung mittheilen werden. Diese Arbeitsversuche waren in der Weise angeordnet, dass von den 5 Stunden, welche der Versuch dauerte, die 1., 3. und 5. von der Versuchsperson in ruhender Lage zugebracht, während die 2. und 4. Stunde zur Arbeit verwendet wurden. Nun zeigt allerdings die Kohlensäureabgabe während der 3. und 5. Stunde Spuren von einer, im Allgemeinen sehr geringen Nachwirkung der vorhergegangenen körperlichen Arbeit. Jedoch war diese Nachwirkung, mit einer einzigen Ausnahme (Vers. L, 3. Stunde), so klein, dass die während der Ruhestunden auftretenden Variationen in diesen Versuchen nur wenig ausserhalb derjenigen Grenzen fallen, welche bei den eben angeführten reinen Ruheversuchen zum Vorschein kamen. Wir glauben daher, es wird nicht ohne Interesse sein, diese Ruhewerthe aus den Arbeitsversuchen hier zusammenzustellen, besonders da die Anzahl unserer Beobachtungen ziemlich gross ist.

Versuch	Kohlensäureabgabe pro Stunde, Gramm			Mittel
	I. Stunde	III. Stunde	V. Stunde	
XLIV. F. A. W.	29	21	30	26·9
XLV. „	19	22	24	21·8
XXXIV. G. J.	36	34	33	34·2
XXXVII. „	33	32	35	33·3
XXXVIII. „	41	36	32	36·3
LIV. „	39	33	35	35·6
LV. „	35	34	33	34·0
LXVIII. „	36	33	—	34·3
LXIX. „	32	33	35	33·5
LXX. „	27	25	29	27·0
LXXI. „	32	29	23	28·0
LXXIII. „	32	33	37	33·7
LXXIV. „	29	24	30	27·5
LXXVIII. „	34	29	26	29·8
XLVIII. L. B.	29	30	32	30·1
L. „	37	—	30	33·7
LVII. „	37	32	32	33·6
LVI. „	22	28	35	28·1
XL. E. F.	36	37	38	37·2
LVIII. E. T.	34	30	32	32·0
LIX. O. O. Ä.	—	33	30	31·6
LX. E.	38	30	40	35·9
			Mittel	31·7

Die Abweichung der einzelnen Beobachtungen vom entsprechenden Mittelwerth in Procenten desselben.

Versuch	I. Stunde	III. Stunde	V. Stunde	Mittel
XLIV.	8·70	21·24	12·46	14·13
XLV.	10·76	0·14	10·81	7·24
XXXIV.	4·35	1·23	3·16	2·91
XXXVII.	0·33	3·33	3·66	2·44
XXXVIII.	13·68	1·27	12·39	9·11
LIV.	9·00	6·74	2·33	6·02
LV.	4·12	1·47	2·65	2·75
LXVIII.	4·66	4·66	—	4·66
LXIX.	3·43	1·61	4·98	3·34
LXX.	0·99	6·77	5·80	4·52
LXXI.	14·13	3·04	17·14	11·44
LXXIII.	5·55	3·48	9·00	6·01
LXXIV.	3·64	14·14	10·54	9·44
LXXVIII.	14·96	1·35	13·54	9·95
XLVIII.	4·99	1·66	6·71	4·45
L.	9·92	—	9·92	9·92
LVII.	11·31	4·76	6·25	7·44
LVI.	20·28	2·14	22·78	15·07
XL.	2·10	0·11	1·96	1·39
LVIII.	6·06	5·53	0·44	4·01
LIX.	—	3·55	3·55	3·55
LX.	4·74	15·88	11·14	10·59
			Mittel	6·84

Im Mittel aller Versuche mit 63 einzelnen Beobachtungen beträgt die Abweichung 6·84 Procent, also nur wenig mehr wie bei den reinen Ruheversuchen (6·19 Procent). Bei mehreren dieser Versuche sind die Variationen bemerkenswerth klein, so z. B. bei den Versuchen XXXIV, XXXVII, LV, XL, wo die mittlere Abweichung nicht 3 Procent beträgt.

Eine grosse Anzahl dieser Versuche sind an einer und derselben Versuchsperson, dem Laboratoriumsdiener G. J., ausgeführt. Da sie alle zu derselben Zeit des Tages und sämmtlich unter im grossen Ganzen denselben Bedingungen stattfanden, geben sie uns eine Einsicht darüber, wie die Kohlensäureabgabe von dem einen Tage zum anderen variirt. Wir stellen daher diese Versuche aus diesem Gesichtspunkte zusammen und bemerken nur, dass die Versuche in der Regel während der kälteren Jahreszeit angestellt wurden.

Versuche an G. J.

Versuch	Datum	Körpergewicht ohne Kleider, Kilogramm	CO_2 Mittel der Ruhestunden, Gramm	Temperatur in der Respirationskammer
XXXII.	1894. 16. Januar	73·71	28·9	19·6
XXXIV.	18. „	73·92	34·2	20·6
XXXVII.	30. „	73·71	33·3	18·3
XXXVIII.	1. Februar	73·93	36·3	19·7
LIV.	21. September	73·13	35·6	19·1
LV.	25. „	72·55	34·0	17·0
LXVIII.	24. November	73·95	34·3	15·4
LXIX.	28. „	73·70	33·5	16·8
LXX.	1. December	—	27·0	17·4
LXXI.	3. „	73·25	28·0	18·2
LXXIII.	10. „	73·95	33·7	18·5
LXXIV.	13. „	74·20	27·5	19·6
LXXVIII.	1895. 5. Februar	75·10	29·8	19·3

Das Mittel dieser sämmtlichen Bestimmungen ist 32·0 g. Die grösste positive Abweichung vom Mittel beträgt 4·3 g (Versuch XXXVIII), die grösste negative Abweichung 5·0 g (Versuch LXX). Die mittlere Abweichung ist 2·9 g = 9·06 Procent des Mittelwerthes.

Wenn wir bedenken, dass diese Bestimmungen mit Ausnahme der ersten (Versuch XXXII) Versuchen entstammen, bei welchen in den Zwischenstunden eine ziemlich beträchtliche mechanische Arbeit geleistet wurde, so können wir mit einer nicht geringen Wahrscheinlichkeit behaupten, dass bei einem und demselben Menschen die Kohlensäureabgabe unter denselben äusseren Verhältnissen verhältnissmässig nur geringe Variationen von Tag zu Tag darbietet, auch wenn die Beobachtungszeiten durch Monate von einander getrennt sind.

Unsere Ergebnisse hinsichtlich der Variationen der Kohlensäureabgabe bei einem ruhenden Menschen von der einen Stunde zur anderen stimmen mit denjenigen von Magnus-Levy an ruhenden und fastenden Menschen wesentlich überein. Die Versuchspersonen, an welchen Magnus-Levy seine Beobachtungen machte, hatten am Versuchstage keine Nahrung genossen; deswegen sind seine Versuche und die unsrigen unter einander nicht genau vergleichbar, da ja unsere Versuchspersonen einige Zeit vor dem Versuche ihr Frühstück genossen

hatten. Darin liegt auch, unserer Meinung nach, die Ursache davon, dass die Variationen bei seinen Versuchen etwas, wenn auch nicht viel, kleiner sind als bei den unsrigen. So beträgt in dem von Magnus-Levy ausführlich mitgetheilten, von uns oben angeführten Versuch die Variation der Kohlensäureabgabe in 6, zwischen 10 Uhr 9 Min. Vormittags und 3 Uhr 49 Min. Nachmittags ausgeführten Bestimmungen in Procenten ihres Mittelwerthes bezw. 1·20, 4·51, 0·84, 2·18, 1·48. Zählt man aber noch die zwei Bestimmungen um 9 Uhr 3 Min. und 9 Uhr 35 Min. Vormittags, welche eine sehr bedeutende Differenz darbieten, mit, so sind die Variationen im betreffenden Versuch ganz von derselben Grösse wie in unseren Versuchen, indem die procentuelle Abweichung der einzelnen Bestimmungen vom Mittel für die Zeit zwischen 9 Uhr 3 Min. und 3 Uhr 49 Min. jetzt sind: 15·15 — 5·39 — 0·41 — 6·04 — 2·43 — 0·59 — 0·12 — 1·24 und im Mittel 3·92.[1] Die mittlere Variation beträgt in unseren reinen Ruheversuchen für alle Versuche 6·19 Procent des Mittelwerthes; in den Versuchen XXXII und LXIV ist die mittlere Variation aber nur bezw. 3·05 und 3·42, also geringer als bei Magnus-Levy (vgl. auch die Zusammenstellung S. 112).

§ 3. Die Kohlensäureabgabe für zweistündige Perioden während des ganzen Tages (24 Stunden).

Unseres Wissens liegen keine vollständig durchgeführten Untersuchungen über die Frage, wie die Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden eines ganzen Tages variirt, vor. Wir besitzen allerdings, wie wir in unserer geschichtlichen Einleitung bemerkt haben, einige hierher gehörige Beobachtungen; diejenigen Versuche aber, bei welchen die Kohlensäureabgabe thatsächlich Stunde nach Stunde bestimmt worden ist, erstrecken sich nicht über die gesammten 24 Stunden eines Tages, und unter diesen finden sich nur 2 (von Smith), in welchen die Ansammlung der Kohlensäure die ganze Versuchszeit hindurch ununterbrochen stattgefunden hat, während in den übrigen Versuchen dieser Art Proben jede Stunde nur während 35 bis 5 Minuten genommen worden sind.

Unsere eigenen Versuche in dieser Richtung bezweckten festzustellen, wie die Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden des Tages variirt, wenn die Versuchsperson ruhend — jedoch nicht den ganzen Tag hindurch bettlägerig ist. Vielmehr sollte die Versuchsperson sich so verhalten, wie sich ein Mensch in der Regel verhält,

[1] Magnus-Levy, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. LV, S. 35. 1893.

wenn er keine körperliche Arbeit auszuführen hat. Die Versuchspersonen hatten also die Erlaubniss, sich nach Belieben zu bewegen, jedoch wurde es ihnen untersagt, eigentliche körperliche Uebungen zu machen. In der Regel sassen sie ziemlich still, grösstentheils in einem Ruhesessel und beschäftigten sich mit Lesen und Schreiben.

Des Abends kleideten sie sich aus, gingen zu Bett und schienen im Allgemeinen gut geschlafen zu haben, mit Ausnahme der Versuchsperson J. E. J. (Versuch XVII), welche nur von 3 Uhr 35 Min. Vormittags bis 9 Uhr Vormittags schlief und auch während dieser Zeit zweimal erwachte, um Puls und Athmung zu registriren.

Alle diese Versuche fingen Nachmittags oder Abends an, nachdem die Versuchsperson wenige Stunden vorher ihr Mittagsessen genossen hatte, und dauerten genau 24 Stunden.

Bei 4 dieser Versuche (XXXI, XLIX, XVII, XLII) fasteten die Versuchspersonen während der ganzen Versuchsdauer vollständig. Diese Versuche können daher dazu dienen, die Frage aufzuklären, wie sich die Kohlensäureabgabe während der 24 nach einer reichlichen Mahlzeit folgenden Stunden verhält, denn in der Regel bereiteten sich die Versuchspersonen zum Fasten durch eine ordentliche Mahlzeit vor.

Bei einem Versuch (XLI) genoss die Versuchsperson während des Versuches nur Frühstück.

Bei den 6 übrigen Versuchen (XXIX, XXX, XLV, LXXVII, LXXVI, LI) lebten die Versuchspersonen auch hinsichtlich ihrer Kost wie gewöhnlich.

Die Kohlensäureabgabe wurde, durch Doppelanalysen, jede zweite Stunde bestimmt. Ferner wurde die 24stündige Harnmenge gesammelt; in den Versuchen XLI, XXXI, LXXVII, XLIX, XVII und XLV wurde sie in einzelnen Portionen aufgenommen. Der Stickstoff wurde nach Kjeldahl bestimmt. Die Ergebnisse dieser Bestimmungen werden wir in § 5 dieses Abschnittes mittheilen.

Die Versuche sind an folgenden Personen ausgeführt.

Versuch	XXIX.	Karl T., Schüler, geb. 17. October 1882.
„	XXX.	Lennart K., Schüler, geb. 6. Januar 1882.
„	XLI.	Theodor L., Techniker, geb. 13. August 1875.
„	LXXVII.	Ernst J. T., Stud. med., geb. 25. Juli 1873.
„	XXXI.	August M., Ingenieur, geb. 9. November 1873.
„	XLIX.	Thor S., Cand. der Medicin, geb. 5. Juli 1864.
„	XVII.	J. E. J., Privatdocent, geb. 22. März 1862.
„	XLII.	Johan W., Professor, geb. 26. August 1850.
„	LXXVI.	Å., Arbeiter, geb. 31. Mai 1826.
„	XLV.	H. R., Gymnasiallehrer a. D., geb. 4. Aug. 1815.
„	LI.	J. L., Wittwe, geb. 31. October 1809.

Versuch XXIX. 20. bis 21. December 1893.

Karl T., Schüler, geb. 17. October 1882. Körpergewicht (ohne Kleider) vor dem Versuch 32·0 kg, nach dem Versuch 32·1 kg. Hatte sein Mittagsessen um 4 Uhr Nachm. genossen. Abendbrod um 8 Uhr 15 Min. Nachm., Milch um 10 Uhr 30 Min. Nachm., Frühstück um 8 Uhr 30 Min. Vorm., zweites Frühstück 12 Uhr Mittags, Mittag um 3 Uhr 30 Min. Nachm. Während des Versuches genoss die Versuchsperson in toto: weiches Weizenbrod 489 g, Zwieback 6 g, Butter 59 g, Fettkäse 128 g, Braten (kalt) 49 g, Milch 400 ccm, Beefsteak 70 g, Aepfel 323 g, Kuchen 100 g, Wasser 341 g. Ging zu Bett um 10 Uhr 30 Min. Nachm., stand auf um 8 Uhr 30 Min. Vorm. A. = 100·5.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
6h Nachm.		290·0	290·4	290·9	5·9	6·1	0·608 I. 0·592 II.	0·595			744
	9·75								16·5	60	
8h „		290·0	290·5	291·0	6·2	6·6	0·892 I. 0·892 II.	0·884			744
	9·47								14·6	53	
10h „		290·1	290·4	291·1	6·4	6·8	1·124 I. 1·120 II.	1·112			744
	9·28								14·8	54	
12h Nachts		290·2	290·3	291·0	6·4	7·0	1·332 I. 1·352 II.	1·330			744
	9·24								11·7	43	
2h Vorm.		290·3	290·0	290·9	6·4	7·1	1·480 I. 1·480 II.	1·466			744
	9·15								11·3	41	
4h „		290·4	289·8	290·9	6·6	7·2	1·600 I. 1·596 II.	1·582			742
	9·12								11·3	41	
6h „		290·4	289·5	290·4	6·6	7·3	1·712 I. 1·700 II.	1·689			743
	9·18								10·0	37	
8h „		290·5	289·2	290·0	—	7·4	1·780 I. 1·776 II.	1·760			743
	9·27								14·6	54	
10h „		290·6	289·8	290·1	6·0	7·5	1·952 I. 1·924 a. 1·924 b.	1·915			742
	9·33								16·3	60	
12h Mittags		290·6	289·8	290·3	5·5	7·5	2·100 I. 2·112 II.	2·087			742
	9·47								16·4	60	
2h Nachm.		290·6	290·3	290·4	5·3	7·6	2·272 I. 2·264 II.	2·245			741
	9·37								16·5	61	
4h „		290·6	290·4	290·8	5·3	7·9	2·416 I. 2·420 a. 2·424 b.	2·394			741
	9·41								17·9	66	
6h „		290·6	290·6	290·7	5·4	8·3	2·568 I. 2·596 a. 2·596 b.	2·558			

Versuch XXX. 2. bis 3. Januar 1894.

Lennart K., Schüler, geb. 6. Januar 1882. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 38·35 kg, nach dem Versuch 38·25 kg. Hatte sein Mittagsessen um 4 Uhr Nachm. genossen. Während des Versuches ass die Versuchsperson dann und wann, ohne bestimmte Zeiten zu beobachten. Die Kost bestand aus belegten Brödchen, nämlich mit Käse 320 g, mit Braten 284 g, mit Schinken 30 g, dazu noch Weissbrod 41 g, Aepfel 137 g, Wasser 413 g. Ging zu Bett um 10 Uhr Nachm., stand auf um 6 Uhr 50 Min. Vorm. A = 100·6.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
6h Nachm.		287·1	291·2	291·6		5·0	0·984 I. 1·000 II.	0·986			775
	20·49								28·4	104	
10h 1 „		287·3	291·3	290·5	3·7	5·6	1·364 I. 1·364 II.	1·354			775
	10·25								13·2	48	
12h Nachts		287·3	292·4	292·4	3·7	6·1	1·512 I. 1·504 II.	1·496			775
	10·27								11·1	41	
2h Vorm.		287·4	292·2	292·6	3·6	6·5	1·600 I 1·600 II.	1·587			775
	9·95								11·0	40	
4h „		287·5	289·7	291·0	3·2	6·5	1·684 I. 1·680 II.	1·668			775
	11·06								11·4	42	
6h „		287·5	288·3	289·6	3·3	6·4	1·748 I. 1·748 II.	1·734			775
	10·58								14·3	52	
8h „		287·6	291·3	291·4	3·5	7·2?	1·856 I. 1·880 a. 1·876 b.	1·854			775
	10·84								17·0	62	
10h „		287·6	292·2	292·4	3·8	6·9	2·040 I. 2·020 II.	2·012			775
	10·65								16·8	62	
12h Mittags		287·8	294·1	294·4	3·3	7·3	2·172 I. 2·176 II.	2·154			775
	10·73								16·5	60	
2h Nachm.		287·9	291·2	292·7	3·1	7·2	2·296 I. 2·288 II.	2·271			776
	11·06								16·9	62	
4h „		287·9	289·6	291·2	2·9	6·9	2·396 I. 2·400 II.	2·377			776
	10·92								18·4	67	
6h „		288·1	288·6	290·2	2·7	6·7	2·524 I. 2·524 II.	2·502			776

[1] Die Bestimmung der Kohlensäure um 8 Uhr Nachm. ist nicht gelungen.

Versuch XLI. 5. bis 6. Februar 1894.

Theodor L., Techniker, geb. 13. August 1875. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 57·0 kg. Hatte sein Mittagsessen um 3 Uhr Nachm. genossen. Während des Versuches genoss die Versuchsperson nur Frühstück (um 12 Uhr Mittags), bestehend aus Pfannkuchen 145 g, Eiern 100 g (2 Stück), belegten Brödchen mit Fleisch 150 g, Bier 315 g. Ging zu Bett um 9 Uhr 20 Min. Nachm., löschte die Lampe um 10 Uhr 5 Min. Nachm. aus, erwachte um 10 Uhr Vorm. und stand auf um 11 Uhr Vorm. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
5h Nachm.		290·3	290·8	290·8	6·9	6·0	0·480 0·488	0·480			753
	11·20								21·2	78	
7h „		290·2	290·1	291·1	6·2	6·5	0·876 0·864	0·863			755
	11·31								18·9	69	
9h „		290·2	289·8	291·0	6·0	6·7	1·180 1·160	1·160			755
	11·17								20·1	74	
11h „		290·2	289·1	290·8	5·7	6·8	1·472 1·448	1·447			757
	11·14								11·5	42	
1h Vorm.		290·3	289·1	290·6	6·8	6·9	1·560 1·552	1·542			757
	11·07								12·2	45	
3h „		290·4	288·8	290·3	5·5	6·8	1·664 1·652	1·643			757
	11·09								10·8	39	
5h „		290·4	288·6	290·2	5·4	6·8	1·720 1·720	1·705			757
	11·13								12·0	44	
7h „		290·5	288·8	290·1	5·4	6·8	1·800 1·796	1·782			757
	11·40								13·4	49	
9h „		290·5	290·0	290·2	6·4	6·8	1·890 1·892	1·874			760
	11·21								15·4	56	
11h „		290·5	290·5	290·8	6·1	7·0	2·024 2·008	1·997			759
	11·32								18·3	67	
1h Nachm.		290·5	290·2	291·0	6·0	7·2	2·180 2·184	2·161			756
	11·28								17·7	65	
3h „		290·5	290·4	290·8	6·4	7·3	2·320 2·320	2·298			756
	11·20								15·7	58	
5h „		290·5	291·1	291·0	7·0	7·4	2·412 2·404	2·384			755

Versuch XXXI. 13. bis 14. Januar 1894.

August M., Ingenieur, geb. 9. November 1873. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 72·4 kg, nach dem Versuch 70·05 kg. Letzte Mahlzeit kurz vor dem Beginn des Versuches. Fastete die ganze Dauer des Versuches und verzehrte nur 333 g Wasser. Ging zu Bett um 12 Uhr 15 Min. Vorm., schlief bis 8 Uhr 30 Min. Vorm., stand auf um 12 Uhr Mittags. A = 100·5. — Während des Versuches zerbrach das Dynamo um ½ 1 Uhr Vorm., in Folge dessen die Ventilation zwischen 1 Uhr 30 Min. und 1 Uhr 45 Min. Vorm. stillstand. Dabei wurde die Eingangsöffnung einen Augenblick geöffnet, weil man beabsichtigte, den Versuch zu unterbrechen. Die Bestimmung für die Zeit 12 Uhr 15 Min. bis 1 Uhr 15 Min. Vorm. ist daher nicht ganz sicher.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
8h 15′ Nachm.		290·3	291·5	293·5	4·7	—	0·504 I. 0·504 II.	0·500			767
	12·01						0·920 I.		23·9	88	
10h 15′ „		290·2	290·3	292·6	4·3	5·8	0·940 a.	0·920			766
	12·08						0·920 b.		25·9	95	
12h 15′ Vorm.		290·3	293·3	294·9	4·8	6·4	1·340 I. 1·344 II.	1·331			764
	4·80								7·8	28	
1h 15′ „		290·3	292·7	294·6	5·0	6·7	1·448 I. 1·444 II.	1·433			764
	5·52								8·6	31	
2h 15′ „		290·3	292·1	294·0	5·1	6·9	1·548 I. 1·552 II.	1·536			764
	10·78								14·4	53	
4h 15′ „		290·4	291·1	292·9	5·1	7·3	1·688 I. 1·700 II.	1·678			764
	10·68								13·4	49	
6h 15′ „		290·4	290·4	292·1	5·2	7·2	1·800 I. 1·812 II.	1·789			764
	10·89								14·5	53	
8h 15′ „		290·5	289·8	292·0	4·9	7·2	1·920 I. 1·932 II.	1·908			764
	11·44								15·4	56	
10h 15′ „		290·6	289·6	291·7	5·3	7·1	2·040 I. 2·040 II.	2·021			764
	11·58								17·4	64	
12h 15′ Nachm.		290·7	290·1	291·7	5·7	7·5	2·176 I. 2·180 II.	2·157			764
	11·51						2·400 I.		21·3	78	
2h 15′ „		290·7	289·8	291·7	5·7	7·6	2·360 a. 2·368 b.	2·353			762
	11·45								18·8	69	
4h 15′ „		290·8	289·9	291·6	5·6	7·6	2·508 I. 2·496 II.	2·483			762
	11·32								18·4	68	
6h 15′ „		290·9	289·9	291·6	5·4	7·8	2·632 I. 2·612 II.	2·595			764
	11·35								19·7	72	
8h 15′ „		290·9	290·1	291·6	5·9	7·9	2·752 I. 2·740 II.	2·718			764

Versuch LXXVII. 23. bis 24. Januar 1895.

Ernst T., Studirender, geb. 25. Juli 1873. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 72·77 kg, nach dem Versuch 72·63 kg. Abendbrod um 9 Uhr Nachm. (belegte Brödchen 290 g, Bier), Frühstück um 11 Uhr Vorm. (Bier 337 g, Brod 382 g, Butter 28 g, Anjovis 47 g, Pökelfleisch 43 g, Eier 113 g); Mittag um 4 Uhr Nachm. (Suppe 233 g, Fleisch 125 g, Kartoffeln 121 g, Bier 345 g). Ausserdem 200 g Wasser. Schlief zwischen 12 und 1 Uhr Vorm. ein, stand ½ 10 Uhr Vorm. auf. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respirationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO_2	
	cbm			mm					
6h Nachm.		289·9	292·4	4·7	0·516 0·508	0·509			736
	15·33						20·8	76	
8h „		289·9	292·3	5·4	0·888 0·880	0·878			737
	15·83						23·1	85	
10h „		290·0	291·7	5·7	1·248 1·248	1·236			737
	15·81						17·2	63	
12h „		290·0	291·0	5·8	1·440 1·440	1·429			739
	14·81						16·4	60	
2h Vorm.		290·0	290·4	5·7	1·600 1·600	1·588			739
	15·03						14·7	54	
4h „		290·0	289·5	5·6	1·708 1·700	1·691			739
	16·03						13·6	50	
6h „		290·0	289·1	5·5	1·760 1·760	1·747			739
	15·84						11·8	43	
8h „		290·0	288·8	5·1	1·796 1·768 1·760	1·763			739
	15·79						18·2	67	
10h „		289·9	289·6	5·5	1·912 1·912	1·898			739
	14·89						20·2	74	
12h Mittags		290·0	290·9	5·8	2·082 2·080	2·065			739
	15·27						16·7	61	
2h Nachm.		290·0	290·5	5·7	2·152 2·154	2·136			739
	14·33						18·8	69	
4h „		290·1	289·9	5·8	2·272 2·272	2·254			739
	15·15						25·3	93	
6h „		290·1	290·1	6·1	2·484 2·480	2·462			740

Versuch XLIX. 21. bis 22. Februar 1894.

Thor S., Candidat der Medicin, geb. 5. Juli 1864. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 67·34 kg, nach dem Versuch 67·26 kg. Etwa 1 Stunde vor dem Versuch hatte die Versuchsperson ihr Mittagsessen genossen. Während des Versuches verzehrte sie nur 590 g Wasser. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
5h Nachm.		289·7	293·7	293·0	7·0	5·2	0·476 0·472	0·471			763
	6·38								15·4	56	
7h „		289·7	293·1	293·1	6·7	6·2	0·768 0·760	0·758			763
	6·45								19·8	73	
9h „		289·8	292·5	292·9	6·5	6·5	1·120 1·124	1·112			763
	6·56								16·5	61	
11h „		289·8	292·1	292·6	6·5	6·6	1·396 1·388	1·380			761
	6·54								15·3	56	
1h Vorm.		289·9	291·5	292·1	6·6	6·8	1·620 1·624	1·608			761
	6·57								11·8	43	
3h „		290·0	291·2	291·8	6·7	7·1	1·764 1·776	1·754			760
	6·58								10·5	39	
5h „		290·0	291·0	291·5	6·7	7·1	1·884 1·884	1·866			758
	6·57								12·1	44	
7h „		290·1	290·9	291·4	6·6	7·2	2·012 2·020	1·997			758
	6·54								13·2	48	
9h „		290·2	291·0	291·4	6·8	7·4	2·168 2·164	2·145			758
	6·65								17·8	65	
11h „		290·2	291·9	291·9	7·2	7·7	2·392 2·396	2·370			759
	6·58								15·4	57	
1h Nachm.		299·3	291·9	292·0	7·2	7·9	2·568 2·560	2·537			760
	6·57								13·0	47	
3h „		290·5	291·9	292·0	6·4	7·9	2·676 2·672	2·646			760
	6·58								15·9	58	
5h „		290·5	291·7	292·1	6·9	7·9	2·836 2·832	2·805			761

Anmerkung. Betreffend die Art nnd Weise, in welcher der Versuchstag zugebracht wurde, hat Thor S. folgende Aufzeichnungen gemacht:

5h 6′ bis 7h 6′ Nachm. Siesta. Schlaf während etwa 30 Min.
7h 6′ „ 9h 6′ „ Lesen, nicht angestrengt. Halbliegend. Ruhend.

9h 6′	bis 11h 6′	Nachm.	Lesen, nicht angestrengt. Sitzend. Ruhend.
11h 6′	„ 11h 30′	„	Schreiben. Ausziehen.
11h 30′	„ 12h 45′	Vorm.	Machte in liegender Stellung Aufzeichnungen und studirte.
1h	„ 9h 2′	„	Schlief, mit Ausnahme von 2h 10′ bis 2h 20′, 5h 20′ bis 5h 30′, 7h 50′ bis 8h 15′.
9h 6′	„ 9h 45′	„	Studirte in liegender Stellung.
9h 45′	„ 10h 10′	„	Ankleiden, Telephonirung, Schreiben.
10h 15′	„ 11h 6′	„	Lesen, nicht angestrengt. Nicht ganz still.
11h 6′	„ 1h 6′	Nachm.	Schreiben. Fast ganz still.
1h 6′	„ 3h 6′	„	Lesen, nicht angestrengt. Still. Puls 54, klein, etwas unregelmässig; Cyanose an den Nägeln, kalte Hände, gelinde Kopfschmerzen mit Empfindung von Hitze und Schwere im Kopfe; noch kein ausgeprägtes Hunger- oder Ermüdungsgefühl.
2h		„	Schwacher Kältefrost.
3h 10′	„ 3h 17′	„	Wechsel der Kleider.
4h		„	Gähnen. Mattigkeit in den Knien. Kältefrost. Puls 56, klein, unregelmässig. Die Cyanose an den Nägeln etwas geringer.
3h 17′	„ 5h 6′	„	Lesen, nicht angestrengt. Sitzend, nicht ganz still.

Versuch XVII. 17. bis 18. November 1893.

J. E. J., Privatdocent, geb. 22. März 1862. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 70·34 kg, nach dem Versuch 69·69 kg. Hatte um 5 Uhr Nachm. sein Mittagsessen genossen. Während des Versuches genoss J. nur 870 g Wasser.

A = 100·5.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
7h Nachm.	32·33	290·0	284·6	289·6	5·4	6·2	0·688 0·688	0·682	23·6	87	754
9h „	32·87	290·0	285·2	289·9	5·0	6·7	0·992	0·983	28·9	106	754
11h „	33·69	290·0	285·3	290·0	5·4	6·9	1·300	1·288	18·3	67	752
1h Vorm.	35·22	290·0	283·9	290·0	5·5	7·0	1·332	1·320	16·7	61	752

Versuch XVII. (Fortsetzung).

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
3h Vorm.		290·0	283·7	290·0	5·5	7·0	1·316	1·304			751
	33·99								14·1	52	
5h „		290·0	283·1	289·4	5·5	6·9	1·264 a. 1·280 b.	1·260			750
	35·01								12·2	45	
7h „		290·0	283·3	289·2	5·9	6·7	1·200 a. 1·200 b.	1·189			749
	35·37								15·1	56	
9h „		290·0	283·1	289·2	5·9	6·9	1·200 a. 1·196 b.	1·187			748
	35·39								17·9	66	
11h „		290·0	283·1	289·2	5·9	6·8	1·248 I. 1·244 a. 1·240 b.	1·232			746
	34·83								17·8	65	
1h Nachm.		290·0	283·3	289·2	5·8	6·9	1·280 I. 1·280 II.	1·268			744
	35·16								18·9	69	
3h „		290·1	283·2	289·4	5·7	7·0	1·320 I. 1·320 II.	1·308			743
	34·81								17·9	66	
5h „		290·1	283·2	289·4	6·1	7·2	1·332 I. 1·336 II.	1·321			742
	34·52								15·1	55	
7h „		290·1	283·4	289·7	6·2	7·1	1·300 I. 1·316 a. 1·284 b.	1·288			742

Anmerkung. Während dieses Versuches wurde auch die Pulsfrequenz, die Athmungsfrequenz und das Athemvolumen beobachtet. Betreffs seiner Beschäftigungen hat J. uns Folgendes mitgetheilt:

7h bis 8h Nachm. Die ganze Zeit damit beschäftigt, die Apparate in Ordnung zu stellen.

8h „ 9h „ Ruhend. Lesen der Zeitungen.

9h „ 10h „ Registrirung des Athemvolumens und der Athmungsfrequenz. Zählen der Pulsfrequenz und in Ordnungstellen des Psychrometers in dem Canal für die einströmende Luft, was sehr beschwerlich war, weil das Psychrometer nicht leicht zugänglich war.[1]

[1] Dieser Versuch war der erste, der 24 Stunden dauerte. In den folgenden wurde der Fehler hinsichtlich der Anordnung des Psychrometers vermieden.

10^h	bis 11^h	Nachm.	Ruhend.	Lesen eines Romans.	
11^h	„ $11^h 30'$	„	Puls —	Athmung —	Psychrometer
$11^h 30'$	„ 1^h	Vorm.	Ruhend.	Lesen eines Romans.	
1^h	„ $1^h 15'$	„	Puls —	Athmung —	Psychrometer.
$1^h 15'$	„ 3^h	„	Ruhend.		
3^h	„ $3^h 35'$	„	Puls —	Athmung —	Psychrometer.
$3^h 35'$	„ $5^h 45'$	„	Schlaf.		
$5^h 45'$	„ 6^h	„	Puls —	Athmung.	
6^h	„ $7^h 30'$	„	Schlaf.		
$7^h 30'$	„ $7^h 40'$	„	Puls —	Athmung —	Psychrometer.
$7^h 40'$	„ 9^h	„	Schlaf.		
9^h	„ $9^h 30'$	„	Puls —	Athmung.	
$9^h 30'$	„ 11^h	„	Ruhend.		
11^h	„ $11^h 30'$	„	Puls —	Athmung —	Psychrometer.
$11^h 30'$	„ 1^h	Nachm.	Ruhend.		
1^h	„ $1^h 30'$	„	Puls —	Athmung.	
$1^h 30'$	„ 3^h	„	Ruhend.		
3^h	„ $3^h 30'$	„	Puls —	Athmung —	Psychrometer.

Versuch XLII. 10. Februar 1894.

Johan W., Professor, geb. 26. August 1850. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 84·50 kg, nach dem Versuch 82·52 kg. Hatte um 5 Uhr sein Mittagsessen genossen. Trank während des Versuches nur sehr wenig Wasser. Löschte das Licht um 12 Uhr 30 Min. Vorm. aus. Schlief von 1 Uhr Vorm. bis 7 Uhr Vorm. und stand auf um 7 Uhr 15 Min. Im wachen Zustande befand sich J. W. meistens halbliegend mit Lesen beschäftigt. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
$7^h 15'$ Nachm.		290·7	293·9	293·7	7·1	6·0	0·628 0·624	0·621			722
	4·61								22·5	82	
$9^h 15'$ „		290·7	293·6	293·8	6·9	6·9	1·080 1·080	1·070			721
	5·45								19·5	71	
$11^h 15'$ „		290·8	293·1	293·5	6·7	7·1	1·444	1·430			721
	5·58								16·6	61	

Versuch XLII. (Fortsetzung).

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen cbm	Absolute Temperatur in den Gasuhren	Absolute Temperatur der einströmenden Luft	Absolute Temperatur in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille beobachtet	Kohlensäure pro Mille corrigirt	Gramm C	Gramm CO_2	Barometer
1h 15′ Vorm.		290·8	292·5	293·0	6·4	7·1	1·724 1·728	1·709			722
	5·61								13·3	49	
3h 15′ „		290·9	292·1	292·4	5·6	7·3	1·924 1·920	1·904			722
	5·66								11·5	42	
5h 15′ „		290·9	291·7	292·1	5·7	7·3	2·072 2·068	2·051			724
	5·64								15·2	56	
7h 15′ „		290·9	291·7	292·1	6·2	7·0	2·296 2·280	2·266			724
	5·68								22·5	83	
9h 15′ „		291·0	292·5	292·4	7·1	7·8	2·648 2·640	2·616			726
	5·68								18·6	68	
11h 15′ „		291·0	292·4	292·8	7·0	7·9	2·892 2·908	2·868			726
	5·70								20·1	74	
1h 15′ Nachm.		291·1	292·1	292·7	6·7	7·9	3·172 3·176	3·139			726
	5·64								16·4	60	
3h 15′ „		291·2	291·9	292·4	7·0	7·8	3·336 3·360 3·360	3·316			726
	5·69								18·0	66	
5h 15′ „		291·2	291·5	291·9	6·4	7·9	3·552 3·548	3·512			730
	5·68								15·6	57	
7h 15′ „		291·2	291·3	291·8	5·9	7·8	3·692 3·688	3·651			732

Versuch LXXVI. 16. bis 17. Januar 1895.

Å., Arbeiter, geb. 31. Mai 1826. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 66·82 kg, nach dem Versuch 66·37 kg. Während des Versuches genoss Å. Abendbrod (belegte Brödchen 155 g, Milch 560 g), Frühstück um 10 Uhr Vorm. (belegte Brödchen mit Braten und Käse 190 g, Milch 535 g, Kaffee 145 g), Mittagsessen um 4 Uhr Nachm. (Suppe 275 g, Brod 5 g, Fleisch und Kartoffeln 391 g) sowie 340 g Wasser. Ging zu Bett zwischen 8 bis 9 Uhr Nachm., stand auf zwischen 9 bis 10 Uhr Vorm. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
6h Nachm.		290·3	292·7	6·1	0·524 0·520	0·518			746
	12·79						17·9	66	
8h „		290·3	292·3	6·3	0·840 0·844	0·835			746
	12·61						14·8	54	
h „		290·4	291·6	6·1	1·060 1·072	1·057			746
	13·28						11·7	43	
Nachts		290·5	291·2	6·3	1·200 1·196	1·188			746
	13·00						10·0	37	
h Vorm.		290·5	290·8	6·5	1·288 1·280	1·273			746
	12·93						10·2	37	
h „		290·5	290·4	6·7	1·364 1·364	1·352			746
	12·91						10·5	39	
h „		290·5	290·1	6·7	1·440 1·440	1·427			746
	12·97						18·5	68	
h „		290·6	289·8	6·7	1·564 1·564	1·550			746
	13·04						11·4	42	
10h „		290·6	289·9	6·7	1·628 1·632	1·616			746
	12·96						17·6	64	
12h Mittags		290·6	290·4	6·9	1·804 1·804	1·788			746
	12·93						15·2	57	
2h Nachm.		290·6	290·4	7·1	1·928 1·920	1·906			746
	12·56						18·5	68	
4h „		290·6	290·3	6·9	2·092 2·088	2·071			746
	12·10						16·6	61	
6h „		290·6	290·3	6·9	2·208 2·212	2·190			746

Versuch XLV. 14. bis 15. Februar 1894.

H. R., Gymnasiallehrer a. D., geb. 4. August 1815. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 58·83 kg, nach dem Versuch 59·16 kg. Die letzte Mahlzeit vor dem Versuch um 4 Uhr 30 Min. Nachm. Abendbrod um 9 Uhr Nachm., Frühstück um 10 Uhr Vorm., Mittag um 3 Uhr 15 Min. Nachm. Abendbrod und Frühstück enthielten zusammen 190 g belegte Brödchen, 110 g Eier und 320 g Bier. Das Mittagsessen bestand aus 160 g Fleisch, 140 g belegte Brödchen und 320 g Bier. Ging zu Bett zwischen 10 und 11 Uhr Nachm., stand auf um 8 Uhr 30 Min. Vorm. Gab an, nicht besonders gut geschlafen zu haben. Um 1 Uhr Nachm. lag R. eine Weile im Bett und schlief wohl etwas. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: der einströmenden Luft	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: der einströmenden Luft	Feuchtigkeitsdruck, Millimeter: in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
7h 15′ Nachm.		289·9	291·6	291·8	6·2	5·7	0·850 0·864	0·854			749
	8·78								13·8	51	
9h 15′ „		289·9	290·7	291·6	4·6	5·8	1·088 1·080	1·076			749
	8·70								20·2	74	
11h 15′ „		290·0	289·9	290·7	5·6	6·2	1·416 1·412	1·402			751
	8·34								10·6	39	
1h 15′ Vorm.		290·0	289·4	290·1	5·4	6·3	1·532 1·532	1·519			751
	8·38								10·8	40	
3h 15′ „		290·1	289·1	289·8	5·2	6·1	1·644 1·644	1·631			753
	8·31								11·2	41	
5h 15′ „		290·1	288·5	289·3	4·9	6·0	1·760 1·752	1·742			755
	8·39								9·4	35	
7h 15′ „		290·2	288·5	289·3	4·5	6·0	1·828 1·820	1·809			755
	8·65								16·7	61	
9h 15′ „		290·2	288·9	289·3	4·7	6·3	2·020 2·024	2·005			758
	8·50								16·6	61	
11h 15′ „		290·2	289·1	289·6	5·0	6·4	2·200 2·208	2·185			758
	8·47								13·1	48	
1h 15′ Nachm.		290·2	289·2	289·6	5·0	6·6	2·304 2·304	2·284			759
	8·29								11·3	42	
3h 15′ „		290·3	289·3	289·7	4·8	6·5	2·360 2·360	2·340			760
	8·49								19·0	70	
5h 15′ „		290·4	289·1	289·7	4·6	6·6	2·560 2·560	2·538			762
	8·53								20·0	73	
7h 15′ „		290·4	289·2	289·9	4·7	6·6	2·760 2·760	2·736			764

Versuch LI. 25. bis 26. April 1894.

L., Wittwe, geb. 31. October 1809. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 61·42 kg, nach dem Versuch 61·2 kg. Abendbrod: Milch 317 g, belegte Brödchen 132 g, Eier 60 g. Um 9 Uhr Vorm. Kaffee mit Zwieback (Kaffee 170 g, Milch 122 g, Zwieback 145 g, Zucker 52 g). Frühstück um 1/2 3 Uhr Nachm. (belegte Brödchen 100 g, Eier 110 g, Milch 90 g). Mittagsessen zwischen 4 und 5 Uhr Nachm. (Kalbsbraten und Kartoffeln 85 g, Pfannkuchen 35 g, Confituren 30 g, Bier 155 g). Ausserdem 468 g Wasser. Ging zu Bett etwa 1/2 11 Uhr Nachm., stand auf um 1/2 9 Uhr Vorm. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
6h 30′ Nachm.		291·4	295·7	9·3	0·964 0·960	0·950			762
	7·01						14·0	51	
8h 30′ „		291·4	294·5	9·5	1·192 1·192	1·177			762
	6·83						15·9	58	
10h 30′ „		291·5	293·5	9·3	1·440 1·448	1·426			762
	6·74						10·1	37	
12h 30′ Vorm.		291·5	292·7	9·3	1·564 1·568	1·547			762
	6·72						12·0	44	
2h 30′ „		291·5	292·5	9·2	1·720 1·716	1·697			762
	6·87						12·9	47	
4h 30′ „		291·6	292·1	9·3	1·868 1·880	1·851			762
	6·68						10·7	39	
6h 30′ „		291·6	291·6	9·4	1·976 1·984	1·956			762
	6·76						16·6	61	
8h 30′ „		291·6	291·6	9·4	2·196 2·188	2·165			762
	6·84						16·6	61	
10h 30′ „		291·6	292·2	9·5	2·392 2·388	2·360			762
	6·66						16·7	61	
12h 30′ Nachm.		291·6	292·5	9·6	2·576 2·584	2·548			762
	6·33						13·8	51	
2h 30′ „		291·6	292·6	9·7	2·716 2·704	2·676			762
	6·38						18·2	67	
4h 30′ „		291·7	292·7	9·8	2·920 2·916	2·881			762
	6·19						15·7	57	
6h 30′ „		291·7	292·6	9·9	3·060 3·080	3·030			762

Figg. 13 bis 23 stellen die Ergebnisse dieser Versuche graphisch dar. Im Anschluss an diese Figuren und an die Versuchsprotocolle werden wir die Versuche etwas näher erörtern.

Versuch XXIX. Der Versuch beginnt um 6 Uhr Nachm., etwa $1^1/_2$ Stunde nach dem Mittagsessen. Während der drei ersten zweistündigen Perioden ist die Kohlensäureabgabe bezw. 60, 53 und 54 g. Gleich nach 8 Uhr wurde das Abendbrod und um 10 Uhr 30 Min. ein Glas Milch genossen, worauf K. T. zu Bett ging und gleich einschlief. Er stand auf um 8 Uhr 30 Min. Vorm. Während der Zeit von 12 Uhr Mitternacht bis 8 Uhr Vorm. ist die Kohlensäureabgabe nur gering, bezw. 43, 41, 41, 37 g in 2 Stunden. Für die Periode 8 bis 10 Uhr Vorm. nimmt sie sogleich auf 54 g zu und hält sich dann zwischen 10 Uhr Vorm. und 4 Uhr Nachm. aufs nächste unverändert, um endlich während der letzten Periode des Versuches, nach um 3 Uhr 30 Min. genossenem Mittagsessen, von 61 bis auf 66 g, d. h. mit etwa 8·2 Procent, anzusteigen.

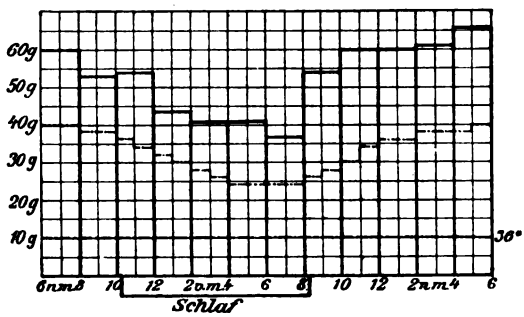


Fig. 13. Vers. XXIX.

Versuch XXX. Bei diesem Versuch, der ebenfalls um 6 Uhr Nachm. begann, ist die Analyse um 8 Uhr Nachm. vereitelt, so dass wir keine Angaben darüber mittheilen können, wie sich die Kohlensäureabgabe während jeder der beiden zweistündigen Perioden 6 bis 8 und 8 bis 10 Uhr Nachm. verhielt. Um 10 Uhr Nachm. ging L. K. zu Bett und stand gleich vor 7 Uhr Vorm. auf. Während des Schlafes ist die Kohlensäureabgabe wesentlich vermindert; sie sinkt nämlich von 52 g (Mittel pro 2 Stunden für die Zeit von 6 bis 10 Uhr Nachm.) auf bezw. 48, 41, 40, 42 g. Nach dem Aufstehen nimmt die Kohlensäureabgabe sogleich zu, und zeigt von 8 Uhr Vorm. bis 6 Uhr Nachm. verhältnissmässig nur geringe Variationen, indem sie für die verschiedenen Perioden bezw. 62, 62, 60, 62, 67 g beträgt.

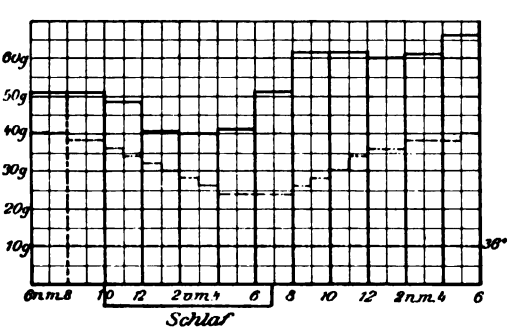


Fig. 14. Vers. XXX.

Versuch XLI. Dieser Versuch begann etwa 1 Stunde nachdem T. L. sein Mittagsessen genossen hatte. Von 5 bis 11 Uhr Nachm. variirt die Kohlensäureabgabe nur wenig, sie ist nämlich bezw. 78, 69, 74 g pro 2 Stunden. Um 9 Uhr 20 Min. Nachm. ging T. L. zu Bett, löschte um 10 Uhr 5 Min. die Lampe aus, erwachte um 10 Uhr Vorm. und stand um 11 Uhr auf. Im Schlaf war die Kohlensäureabgabe erheblich vermindert: 42, 45, 39, 44, 49 g pro 2 Stunden. Die Periode 9 bis 11 Uhr Vorm., während welcher T. L. etwa 1 Stunde in wachem Zustande bettlägerig war, bietet eine Zunahme von 49 (7 bis 9 Uhr Vorm.) auf 56 g Kohlensäure dar. — Um 12 Uhr Mittags genoss T. L. Frühstück. Zwischen 11 Uhr Vorm. und 3 Uhr Nachm. erscheint eine langsamere und während der letzten Periode zwischen 3 bis 5 Uhr Nachm. eine etwas schnellere Abnahme der Kohlensäureabgabe.

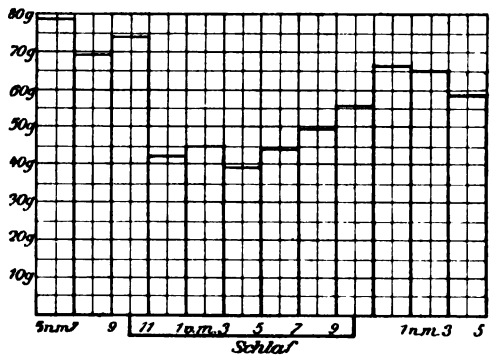


Fig. 15. Vers. XLI.

Versuch XXXI. Hungerversuch. A. M. hatte sich zu seinem Fasten gut vorbereitet; nach dem zu gewöhnlicher Zeit, um 4 Uhr Nachm., genossenen Mittagsessen verzehrte er noch kurz vor dem Versuch eine Portion Fleisch. Auch ist die Kohlensäureabgabe während der zwei ersten Versuchsperioden (8 Uhr 15 Min. bis 12 Uhr 15 Min.) eine sehr hohe (88 bezw. 95 g). Sobald aber A. M. zu Bett ging, trat eine beträchtliche Abnahme, für die Periode 12 Uhr 15 Min. bis 2 Uhr 15 Min. Vorm. bis auf 59 g ein, und diesen geringen Werth hat die Kohlensäureabgabe bis zum Erwachen (um 8 Uhr 15 Min.) der Versuchsperson (53, 49, 53 g pro 2 Stunden). Er bleibt in wachem Zustande im Bett bis 12 Uhr 15 Min. Nachm. und dabei nimmt die Kohlensäureabgabe bis auf 56, bezw. 64 g zu, um dann zwischen 12 Uhr 15 Min. und 2 Uhr 15 Min. Nachm. noch weiter bis auf 78 g anzusteigen. Dar-

Fig. 16. Vers. XXXI.

nach nimmt sie während den letzten Perioden des Versuches wieder ab (69, 68, 72 g).

Versuch LXXVII. Der Versuch begann um 6 Uhr Nachm. Die drei ersten zweistündigen Perioden zeigen eine Kohlensäureabgabe von bezw. 76, 85 und 63 g. E. T. schlief dann zwischen 12 und 1 Uhr Vorm. ein; zwischen 12 und 2 Uhr Vorm. ist die Kohlensäureabgabe etwas, obgleich nur wenig geringer als zwischen 10 und 12 Uhr, nämlich 60 g. Sie sinkt aber noch tiefer, auf 54, 50 g und erreicht ihr Minimum zwischen 6 und 8 Uhr Vorm., wo sie nur 43 g beträgt. E. T. stand um $^1/_2$10 Uhr Vorm. auf; die Kohlensäureabgabe ist während der Periode von 8 bis 10 Uhr Vorm. 67 g, und beträgt dann im weiteren Verlauf des Tages bezw. 74, 61, 69 und 93 g.

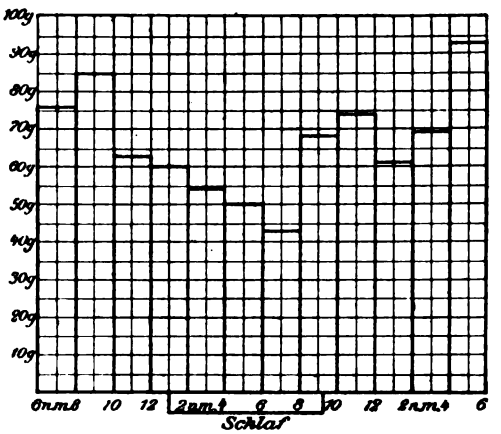


Fig. 17. Vers. LXXVII.

Versuch XLIX. Hungerversuch. Wie aus der Anmerkung nach dem Versuchsprotocoll hervorgeht, hat T. S. bei diesem Versuch genaue Aufzeichnungen über sein Verhalten während des Versuches gemacht. Der Versuch begann kurz nach dem Mittagsessen. Während der ersten Periode (5 bis 7 Uhr Nachm.) war T. S. bettlägerig und schlief dabei während etwa 30 Min. Die Kohlensäureabgabe ist auch hier geringer (56 g) als während der zweiten Periode (7 bis 9 Uhr: 73 g), die mit Lesen ohne Anstrengung zugebracht wurde. Während der folgenden Perioden (9 bis 11, 11 bis 1 Uhr Vorm.) nimmt die Kohlensäureabgabe ab auf bezw. 61 und 56 g. Im Verlauf der letzteren Periode ging T. S. zu Bett, machte Aufzeichnungen und studirte. Er schlief zwischen 1 und 9 Uhr Vorm.; dabei ist die Kohlensäureabgabe beträchtlich geringer als im wachen Zustande, nämlich bezw. 43, 39, 44, 48 g pro 2 Stunden. Nach dem Erwachen und Aufstehen tritt eine be-

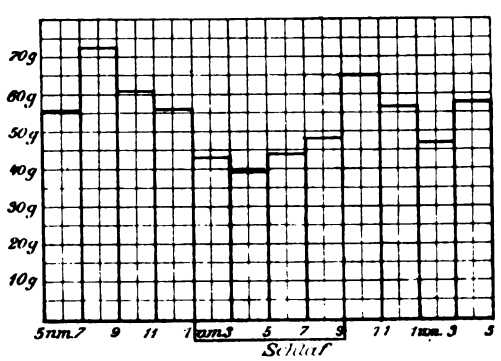


Fig. 18. Vers. XLIX.

trächtliche Steigerung (65 g) zwischen 9 und 11 Uhr Vorm. auf. Dann sinkt die Kohlensäureabgabe wieder auf bezw. 57, 47, 58 g pro 2 Stunden.

Versuch XVII. Hungerversuch. Dieser Versuch war der allererste unserer 24 stündigen Versuche und wir hofften durch denselben auch Erfahrungen über das Athemvolumen, die Pulsfrequenz u. s. w. zu erhalten, und brachten daher in die Respirationskammer hierzu nothwendige Apparate ein. Hierdurch wurde jedoch der Versuch gewissermassen getrübt, weil J. E. J. nicht zu rechter Zeit zu Bett ging und daher nur zwischen 3 Uhr 35 Min. und 9 Uhr Vorm. schlief, und sogar dieser Schlaf war zweimal während im Ganzen 25 Minuten unterbrochen. Jedoch finden wir auch in diesem Versuch denselben allgemeinen Verlauf der Kohlensäureabgabe, wie bei den übrigen Versuchen wieder. Im Schlaf nimmt die Kohlensäureabgabe von 67 bezw. 61 g, wie sie während der zwei zweistündigen Perioden 11 bis 1 und 1 bis 3 Uhr Vorm. ist, auf bezw. 52, 45 und 56 g ab. Beim Erwachen und Aufstehen nimmt die Kohlensäureabgabe wieder zu und beträgt jetzt pro 2 Stunden bezw. 66, 65, 69, 66 und 55 g.

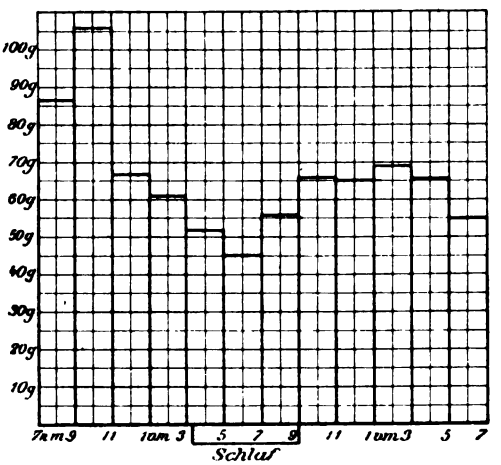


Fig. 19. Vers. XVII.

Die zwei ersten Versuchsperioden (7 bis 9 und 9 bis 11 Uhr Nachm.) zeigen eine beträchtlich grössere Kohlensäureabgabe. Betreffs der zweiten Periode, wo das Maximum erscheint, ist dies aller Wahrscheinlichkeit nach davon bedingt, dass J. E. J. während dieser Periode das Psychrometer in dem Canal für die einströmende Luft mit Wasser versehen (und also an der in der Respirationskammer befindlichen Leiter klettern) musste. Er giebt an, dass dies sehr anstrengend war. Auch während der folgenden Perioden war er genöthigt, dasselbe zu thun, dabei hat er aber diejenigen Schwierigkeiten, denen er zum ersten Mal begegnete, und also auch die grosse körperliche Anstrengung vermeiden können. Wie schon bemerkt, kam es bei den anderen Versuchen nie mehr in Frage, das Psychrometer durch die Versuchsperson mit Wasser zu versehen.

Versuch XLII. Hungerversuch. Das Mittagsessen war etwa 2 Stunden vor dem Versuch genossen. Die drei ersten zweistündigen Perioden zeigen eine ununterbrochene Abnahme der Kohlensäureabgabe: 82, 71, 61 g. Während der letzten ging J. W. zu Bett und löschte die

Lampe um 12 Uhr 30 Min. Vorm. aus. Er schlief von 1 bis 7 Uhr Vorm. Dabei beträgt die Kohlensäureabgabe bezw. 49, 42 und 56 g pro 2 Stunden, also wieder weniger als während der vorhergehenden Perioden und auch weniger als während der folgenden. J. W. stand um 7 Uhr 15 Min. Vorm. auf und sass dann, mit Lesen beschäftigt, fast die ganze Zeit in einem Ruhesessel. Die Kohlensäureabgabe nimmt dabei von 83 g, wie sie zwischen 7 Uhr 15 Min. und 9 Uhr 15 Min. Vorm. ist, allmählich, wenn auch nicht ununterbrochen, auf 57 g (letzte Versuchsperiode) ab.

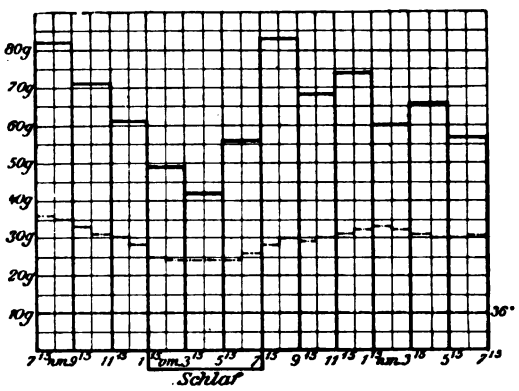


Fig. 20. Vers. XLII.

Versuch LXXVI. Dieser Versuch geschah an einem rüstigen, gut situirten 69jährigen Arbeiter. Derselbe hatte um 4 Uhr Nachm. sein Mittagsessen genossen. Die erste Periode (6 bis 8 Uhr Nachm.) zeigte eine Kohlensäureabgabe von 66 g. Zwischen 8 und 9 Uhr Nachm. ging Å. zu Bett und sogleich sank die Kohlensäureabgabe auf 54 g, um während des Schlafes noch weiter abzunehmen. Wir finden nämlich zwischen 10 Uhr Nachm. und 6 Uhr Vorm. bezw. 43, 37, 37 und 39 g pro 2 Stunden. Zwischen 6 und 8 Uhr Vorm. begegnen wir einer bedeutenden Steigerung (68 g), welche wohl von irgend welcher Bewegung herrührt. Während der folgenden Periode (8 bis 10 Uhr Vorm.) stand Å. auf (zwischen 9 und 10 Uhr); die Kohlensäureabgabe ist jetzt nur 42 g. Für die übrigen Perioden des Versuches beträgt die Kohlensäureabgabe bezw. 64, 57, 68, 61 g.

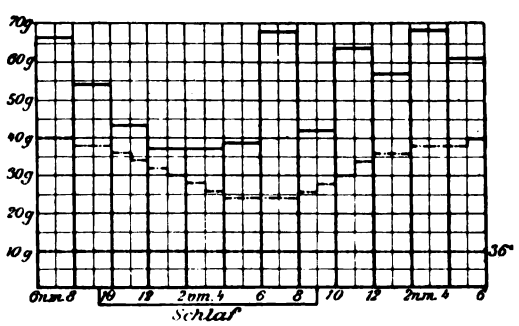


Fig. 21. Vers. LXXVI.

Versuch XLV. Auch in diesem Versuch war die Versuchsperson trotz ihres hohen Alters kräftig und rüstig. H. R. hatte um 4 Uhr 30 Min. Nachm. sein Mittagsessen genossen; der Versuch fing um 7 Uhr 15 Min. Nachm. an. Die erste Periode zeigt eine Kohlensäureabgabe von 51 g, die zweite (9 Uhr 15 Min. bis 11 Uhr 15 Min. Nachm.) eine solche von 74 g. Um 9 Uhr hatte H. R. sein Abendbrod genossen. Er ging

zu Bett zwischen 10 und 11 Uhr Nachm. und stand um 8 Uhr 30 Min. Vorm. auf. Er hatte, seiner eigenen Angabe nach, nicht ganz gut geschlafen und erwachte einige Male während der Nacht; jedoch sinkt die Kohlensäureabgabe auf bezw. 39, 40, 41, 35 g pro 2 Stunden (11 Uhr 15 Min. bis 7 Uhr 15 Min. Vorm.). Nach dem Aufstehen ist die Kohlensäureabgabe während der beiden Perioden 7 Uhr 15 Min. bis 9 Uhr 15 Min. und 9 Uhr 15 Min. bis 11 Uhr 15 Min. Vorm. 61 g, sinkt dann auf 48 bezw. 42 g zwischen 11 Uhr 15 Min. und 3 Uhr 15 Min. Dies wird dadurch erklärt, dass H. R. um 1 Uhr zu Bett ging und dann, wahrscheinlich, einschlief. Nachdem H. R. um 3 Uhr 15 Min. Nachm. sein Mittagsessen genossen hatte, steigt die Kohlensäureabgabe während der zwei letzten Versuchsperioden auf 70 bezw. 73 g.

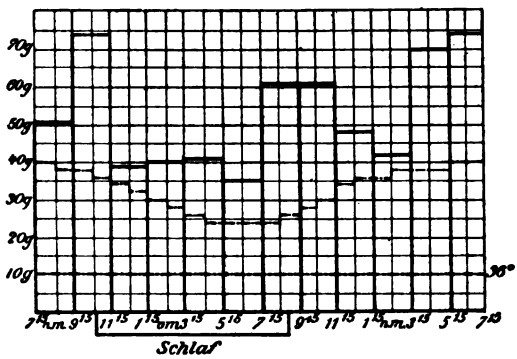


Fig. 22. Vers. XLV.

Versuch LI. Wir waren in der günstigen Lage, zu diesem Versuche eine 85jährige, rüstige Frau zu erhalten. Die Kohlensäureabgabe ist während der ersten zwei Perioden (6 Uhr 30 Min. bis 8 Uhr 30 Min. und 8 Uhr 30 Min. bis 10 Uhr 30 Min.) 51, bezw. 58 g. Etwa um 10 Uhr 30 Min: ging L. zu Bett; die Kohlensäureabgabe ist für die Perioden 10 Uhr 30 Min. bis 12 Uhr 30 Min., 12 Uhr 30 Min. bis 2 Uhr 30 Min., 2 Uhr 30 Min. bis 4 Uhr 30 Min., 4 Uhr 30 Min. bis 6 Uhr 30 Min. Vorm. bezw. 37, 44, 47, 39 g. Während der folgenden Periode 6 Uhr 30 Min. bis 8 Uhr 30 Min. stand sie auf, und die Kohlensäureabgabe nahm auf 61 g zu, um sich im weiteren Verlauf des Tages um diesen Werth zu bewegen (61, 61, 51, 67, 57 g).

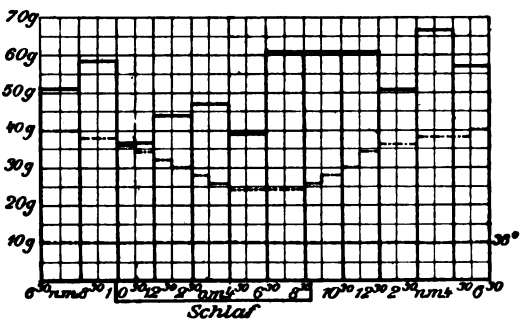


Fig. 23. Vers. LI.

Nachdem wir also über die zu unserer Verfügung stehenden Versuche berichtet haben, werden wir jetzt untersuchen, welche Ergebnisse aus denselben erhalten werden können.

§ 4. Die Variationen der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Stunden des Tages im wachen Zustande.

Ein Blick auf die im § 3 mitgetheilten Versuchsprotocolle zeigt ohne Weiteres einen wie grossen Einfluss der Schlaf auf die Kohlensäureabgabe ausübt. Unter solchen Umständen ist es selbstverständlich, dass wir bei der näheren Erörterung der während der verschiedenen Stunden des Tages erscheinenden Variationen der Kohlensäureabgabe den wachen Zustand und den Schlaf besonders für sich behandeln müssen.

Wir theilen unsere Versuche in 2 Gruppen ein, je nachdem die Versuchspersonen dabei gefastet oder ihre gewöhnliche Kost genossen haben und stellen zur besseren Uebersicht dieselben in der folgenden Tabelle zusammen.

Die Kohlensäureabgabe während zweistündigen Perioden bei wachem Zustande.

Versuch	Kohlensäureabgabe; Gramm. Periode:[1]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Bei gewöhnlicher Kost.												
XXIX.	60	53	54	—	—	—	—	54	60	60	61	66
XXX.	104		—	—	—	—	52[2]	62	62	60	62	67
LXXVII.	76	85	63	60[3]	—	—	—	67[4]	74	61	69	93
LXXVI.	66	54[5]	—	—	—	—	—	42[6]	64	57	68	61
XLV.	51	74	—	—	—	—	61	61	—[7]	—[7]	70	73
LI.	51	58	—	—	—	—	61	61	61	51	67	57
B. Bei Hunger.												
XLI.[8]	78	69	74	—	—	—	—	—	—	67	65	58
XXXI.	88	95	—	—	—	—	—	64[9]	78	69	68	72
XLIX.	56[10]	73	61	56	—	—	—	—	65	57	47	58
XVII.	87	106[11]	67	61	—	—	—	66	65	69	66	55
XLII.	82	71	61	—	—	—	83	68	74	60	66	57

[1] In Bezug auf die wirkliche Zeit verweisen wir auf die Versuchsprotocolle.

[2] Fast die Hälfte dieser Periode war vorüber, als die Versuchsperson aufstand.

[3] Während dieser Periode schlief die Versuchsperson ein.

[4] Stand während dieser Periode auf.

[5] Ging während dieser Periode zu Bett.

[6] Stand während dieser Periode auf.

[7] Wir schliessen diese Periode aus, weil die Versuchsperson während derselben lag und wahrscheinlich auch einschlummerte.

[8] Die Versuchsperson genoss ihre einzige Mahlzeit während der zehnten Periode.

[9] Während dieser Periode lag die Versuchsperson zu Bett, ohne jedoch zu schlafen.

[10] Schlaf hierbei etwa $^1/_2$ Stunde.

[11] Die Versuchsperson führte während dieser Periode eine schwere Arbeit aus.

Die Versuche mit Kost zeigen die folgenden Differenzen zwischen Maximum und Minimum der Kohlensäureabgabe: Versuch XXIX: 13 g, Versuch XXX: 15 g, Versuch LXXVII: 33 g, Versuch LXXVI: 26 g, Versuch XLV: 23 g, Versuch LI: 16 g pro 2 Stunden.

In den Hungerversuchen sind diese Differenzen folgende: Versuch XLI: 20 g, Versuch XXXI: 31 g, Versuch XLIX: 17 g, Versuch XVII: (wenn die zweite Periode wegen der dabei stattfindenden starken Arbeit ausgeschlossen wird) 22 g, Versuch XLII: 26 g.

Betreffs der Hungerversuche ist es deutlich, dass sich am ersten Abend vor dem Einschlafen noch kein Hungerzustand ausgebildet hat, dass aber auf der anderen Seite ein derartiger Zustand etwa am folgenden Morgen beginnt. Wir können daher voraussetzen, dass die mittlere Kohlensäureabgabe während des ersten Abends grösser sein soll, als während des darauf folgenden Versuchstages. Dies wird in der That durch die Versuche bestätigt. Wir finden nämlich:

Die mittlere Kohlensäureabgabe pro 2 Stunden; Gramm.

Versuch	I. Abends	II. Während des folgenden Tages	II. : I.
XLI.	73	63	100 : 116
XXXI.	91	70	100 : 130
XLIX.	61	57	100 : 108
XVII.	72	64	100 : 111
XLII.	72	68	100 : 105
		Mittel:	100 : 114

Im Mittel findet sich also eine Differenz von 14 Procent (Minimum 5, Maximum 30 Procent) zwischen der Kohlensäureabgabe vor und nach dem Schlafe vor, d. h. der Hungerzustand setzt bei den im Allgemeinen gut nutriirten Personen, die sich zu diesen Versuchen opferten, die Kohlensäureabgabe um im Mittel 14 Procent herab.

Während des eigentlichen Fasttages wird das Minimum der Kohlensäureabgabe während der letzten (Versuch XLI, XVII, XLII) oder vorletzten Periode (Versuch XXXI,[1] XLIX) erreicht. Die Differenz

[1] Das absolute Minimum trifft allerdings während der 8. Periode ein; während derselben lag aber die Versuchsperson zu Bett — was die dabei erscheinende verhältnissmässig geringe Kohlensäureabgabe erklären dürfte.

renz zwischen Maximum und Minimum ist jedoch im Allgemeinen nicht sehr beträchtlich, denn das Minimum verhält sich zum Maximum

im Versuch	XLI.	wie	100:117
„	XXXI.	„	100:115
„	XLIX.	„	100:137
„	XVII.	„	100:125
„	XLII.	„	100:145
		Mittel	100:128

Wenn also die Kohlensäureabgabe im Verlauf des Tages im Allgemeinen abnimmt, so geschieht dies doch nicht mit einer absoluten Regelmässigkeit. Im Gegentheil zeigen sich, wie aus den Versuchsprotocollen hervorgeht, oft Variationen, welche ohne Zweifel davon bedingt sind, dass andere Umstände, vor allem Körperbewegungen, den Einfluss des Hungerzustandes übercompensiren.

Bei den Versuchen mit Kost sind die Variationen im Allgemeinen an und für sich geringer und gehen, wie zu erwarten ist, in beiden Richtungen. Zum Vergleich mit den Ergebnissen beim Hungern theilen wir entsprechende Berechnungen über diese Versuche mit.

Die mittlere Kohlensäureabgabe pro 2 Stunden; Gramm.

Versuch	I. Abends	II. Während des folgenden Tages	II. : I.
XXIX.	56	60	100: 93
XXX.	52	63[1]	100: 83
LXXVII.	71	73	100: 97
LXXVI.	60	58	100:103
XLV.	62	66	100: 94
LI.	55	60	100: 92
			Mittel: 100: 94

Die Differenz zwischen dem Abend und dem folgenden Tage beträgt hier im Mittel nur 6 Procent und in der Mehrzahl der Fälle ist die Kohlensäureabgabe Abends geringer als während des darauf folgenden Tages.

In den Versuchen mit Kost verhält sich während des Tages das Minimum zum Maximum

[1] Die 7. Periode ausgeschlossen, weil sie fast zur Hälfte verflossen war, als die Versuchsperson aufstand.

im Versuch	XXIX.	wie	100:124
„	XXX.	„	100:111
„	LXXVII.	„	100:151
„	LXXVI.	„	100:160
„	XLV.	„	100:120
„	LI.	„	100:132
		Mittel	100:133

Da sich die bei gewöhnlicher Kost und bei dem ersten Hungertage auftretenden Variationen der Kohlensäureabgabe, wie aus den Versuchstabellen hervorgeht, innerhalb nicht allzuweiter Grenzen bewegen, ist es uns von Interesse erschienen, aus sämmtlichen hierhergehörigen Bestimmungen das Mittel zu berechnen und zu untersuchen, wie gross die während der einzelnen Versuchsperioden erscheinenden Variationen der Kohlensäureabgabe in Procenten des Mittels sind. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Die Abweichung der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen zweistündigen Perioden in Procenten des mittleren Werthes für den wachen Zustand.

Versuch	CO_2 pro 2 St. Mittel; g	Procentuelle Abweichung vom Mittel während der Periode											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Bei normaler Kost.													
XXIX.	59	3·17	8·98	7·29	—	—	—	—	8·28	2·22	2·92	3·62	12·38
XXX.	59	—	—	—	—	—	—	11·01	6·18	5·01	2·86	5·31	14·53
LXXVII.	72	5·79	17·00	12·30	16·64	—	—	—	7·07	3·03	15·00	4·00	28·71
LXXVI.	59	11·57	7·49	—	—	—	—	—	29·25	9·52	3·23	15·14	3·74
XLV.	65	21·99	13·91	—	—	—	—	5·50	6·18	—	—	7·55	12·64
LI.	58	11·99	0·17	—	—	—	—	3·94	4·29	4·96	13·36	14·21	1·69
B. Bei Hunger.													
XLI.	68	13·61	1·42	7·76	—	—	—	—	—	—	1·86	5·07	15·86
XXXI.	76	15·05	24·68	—	—	—	—	—	16·29	2·31	9·39	11·28	5·06
XLIX.	59	4·66	22·70	2·48	5·15	—	—	—	—	10·10	4·41	19·79	1·32
XVII.	67	29·33	—[1]	0·45	8·86	—	—	—	1·79	2·24	3·25	2·02	17·46
XLII.	69	19·24	3·33	12·07	—	—	—	19·36	1·20	6·72	11·85	4·60	17·42

[1] Weil die Versuchsperson während dieser Periode eine angestrengte Arbeit ausführte, haben wir dieselbe bei der Berechnung des mittleren Werthes ausgeschlossen.

Die mittlere Variation beträgt

bei Versuch	XXIX.	6·11	Procent
„	XXX.	7·48	„
„	LXXVII.	12·17	„
„	LXXVI.	11·42	„
„	XLV.	11·30	„
„	LI.	6·83	„
„	XLI.	7·60	„
„	XXXI.	12·01	„
„	XLIX.	8·83	„
„	XVII.	8·18	„
„	XLII.	10·64	„

			Zahl der Beobacht.
Die mittlere Variation ist bei den Versuchen mit Kost	9·22	Proc.	44
bei den Hungerversuchen	9·45	„	38
bei sämmtlichen Versuchen	9·32	„	82

Dieses Ergebniss scheint uns ein gewisses praktisches Interesse zu haben, indem es uns eine Vorstellung von dem Grade der Allgemeingültigkeit giebt, worauf ein zweistündiger Versuch über die Kohlensäureabgabe bei einem nicht arbeitenden Menschen Anspruch machen kann.

Wir haben schon im zweiten Abschnitt diejenigen Gründe dargestellt, welche uns bewogen haben, die Versuche über die Kohlensäureabgabe bei Menschen von verschiedenem Alter und Geschlecht Vormittags auszuführen, und wir haben aus den bei diesen Versuchen gewonnenen Ergebnissen keine Schlussfolgerungen hinsichtlich der Kohlensäureabgabe während eines ganzen Tages oder während des wachen Zustandes im Allgemeinen gezogen oder ziehen wollen.

Da wir nun aber durch eine fortlaufende Reihe von Bestimmungen über die Kohlensäureabgabe im wachen Zustande während der verschiedenen Stunden des Tages gefunden haben, dass die Variationen im Mittel von 82 Bestimmungen nicht mehr als 9·32 Procent betragen, so scheint es erlaubt, daraus zu schliessen, dass die im zweiten Abschnitt dargestellten Resultate nur mit einem Fehler von etwa 10 Procent als Ausdruck für die Kohlensäureabgabe beim nicht arbeitenden Menschen im wachen Zustand überhaupt gelten können.

In welchem Verhältniss stehen diese Ergebnisse zu denjenigen von Smith und Magnus-Levy?

Um einen Ausdruck für die Variationen der Kohlensäureabgabe in diesen Versuchen zu erhalten, haben wir für dieselben das Mittel sowie die procentuelle Abweichung des Maximums und des Minimums davon berechnet. Hierdurch erhalten wir Kenntniss von den Grenzen der Variationen.

Von den Versuchen Smith's haben wir Nr. VIII ausgeschlossen, weil die Körperstellung in diesem absichtlich von Zeit zu Zeit von liegender zu sitzender und umgekehrt verändert wurde. Unter Magnus-Levy's Versuchen haben wir sowohl seinen Hungerversuch als auch denjenigen, bei welchem die Versuchsperson ihre gewöhnliche Kost genoss, aufgenommen.

Autor und Versuch	CO_2 pro Minute; Gramm			Procent. Abweichung		Zahl der Beobachtungen
	Mittel	Maximum	Minimum	beim Maximum	beim Minimum	
Smith I.[1]	0·586	0·645	0·482	10·1	17·8	17[2]
II.[1]	0·526	0·599	0·457	13·9	13·1	17[2]
III.[1]	0·557	0·736	0·438	32·1	21·4	19
IV.[1]	0·648	0·745	0·564	15·0	13·0	21
V.[1]	0·453	0·538	0·389	18·8	14·1	16[3]
VI.[1]	0·532	0·609	0·460	14·5	13·5	18[3]
VII.[1]	0·623	0·700	0·544	12·4	12·7	11[4]
IX.[5]	0·452	0·486	0·421	7·5	6·9	15
Magnus-Levy, Hunger[6]	0·318	0·353	0·274	11·0	13·9	21
„ [7]	0·414	0·463	0·374	11·8	9·7	12

Die maximalen Variationen in diesen Versuchen sind etwa derselben Ordnung wie die entsprechenden Variationen in unseren eigenen Versuchen. Sie sprechen also ihrerseits für die Richtigkeit unserer Schlussfolgerungen hinsichtlich der mittleren Variation der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen Perioden des wachen Zustandes.

[1] Gewöhnliche Kost mit Frühstück, Mittagsessen und Abendbrot.

[2] Die zwei ersten Bestimmungen vor dem Frühstück als ungewöhnlich niedrig ausgeschlossen.

[3] Die drei ersten Bestimmungen vor dem Frühstück als ungewöhnlich niedrig ausgeschlossen.

[4] Mit Ausnahme der ersten Bestimmung.

[5] Hunger.

[6] Die letzte Mahlzeit 13 Stunden vor dem Anfang des Versuches.

[7] Gewöhnliche Kost, von 10 Uhr Vorm. bis 10 Uhr 54 Min. Nachm.

§ 5. Die Variationen der Kohlensäureabgabe im Schlaf.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung unserer Bestimmungen über die Kohlensäureabgabe im Schlaf.

Die Kohlensäureabgabe während zweistündiger Perioden im Schlaf.

Versuch	Kohlensäureabgabe; Gramm. Periode											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Bei normaler Kost.												
XXIX.	—	—	—	43	41	41	37	—	—	—	—	—
XXX.	—	—	48	41	40	42	—	—	—	—	—	—
LXXVII.	—	—	—	—	54	50	43	—	—	—	—	—
LXXVI.	—	—	43	37	37	39	—[1]	—	—	—	—	—
XLV.	—	—	39	40	41	35	—	—	48[2]	42[2]	—	—
LI.	—	—	37	44	47	39	—	—	—	—	—	—
B. Bei Hunger.												
XLI.	—	—	—	42	45	39	44	49	56[3]	—	—	—
XXXI.	—	—	59	53	49	53	56[4]	—	—	—	—	—
XLIX.	—	—	—	—	48	39	44	48	—	—	—	—
XVII.	—	—	—	—	52	45	56	—	—	—	—	—
XLII.	—	—	—	49	42	56	—	—	—	—	—	—

Im Schlaf zeigt die Kohlensäureabgabe im Allgemeinen etwas kleinere Variationen als im wachen Zustande. Das Minimum verhält sich zum Maximum

im Versuch	XXIX.	wie	100:117
„	XXX.	„	100:121
„	LXXVII.	„	100:124
„	LXXVI.	„	100:117
„	XLV.	„	100:119
„	LI.	„	100:128

[1] Die Periode 7 wird hier nicht aufgenommen, weil die grosse Kohlensäureabgabe (68 g) ganz sicher zeigt, dass die Versuchsperson während derselben nicht geschlafen hat.

[2] Diese Perioden werden bei der Berechnung des mittleren Werthes nicht mitgenommen, weil die Versuchsperson nur während eines Theiles derselben schlief.

[3] T. L. erwachte in der Mitte dieser Periode, welche daher nicht bei der Berechnung des Mittels berücksichtigt wird.

[4] A. M. war den grössten Theil dieser Periode wach, lag aber zu Bett; diese Periode wird daher bei der Berechnung des Mittels ausgeschlossen.

im Versuch	XLI.	wie	100 : 125
„	XXXI.	„	100 : 122
„	XLIX.	„	100 : 125
„	XVII.	„	100 : 125
„	XLII.	„	100 : 133
	Mittel		100 : 123

Das Minimum der Kohlensäureabgabe, welches wohl in einem gewissen Grade einen Ausdruck für den tiefsten Schlaf darstellt, findet sich in den meisten Versuchen etwa in der Mitte der Schlafzeit. So ist das Verhalten in den Versuchen XXX, LXXVI, XLI, XXXI, XLIX, XVII und XLII. Von dieser Regel bilden die Versuche XXIX, LXXVII und XLV einerseits und Versuch LI andererseits Ausnahmen, indem in diesem das Minimum während der ersten Periode, in jenen während der letzten Periode des Schlafes eintrifft.

Um die Variationen der Kohlensäureabgabe im Schlaf leichter zu übersehen, theilen wir die folgende Tabelle mit, in welcher wir in derselben Weise als in der entsprechenden Tabelle für den wachen Zustand die Variationen der Kohlensäureabgabe in Procenten des Mittels berechnet haben.

Die Abweichung der Kohlensäureabgabe während der verschiedenen zweistündigen Perioden in Procenten des mittleren Werthes im Schlaf.

Versuch	CO_2 pro 2 St. Mittel; Gramm	Procent. Abweichung vom Mittel während der Periode											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Bei normaler Kost.													
XXIX.	41	—	—	—	5·63	2·09	2·19	9·92	—	—	—	—	—
XXX.	43	—	—	13·16	5·07	6·09	2·05	—	—	—	—	—	—
LXXVII.	49	—	—	—	—	4·82	0·94	5·76	—	—	—	—	—
LXXVI.	39	—	—	8·95	4·92	3·86	0·89	—	—	—	—	—	—
XLV.	39	—	—	0·47	2·96	6·75	10·02	—	—	—	—	—	—
LI.	42	—	—	11·70	5·25	12·66	6·45	—	—	—	—	—	—
B. Bei Hunger.													
XLI.	44	—	—	—	4·09	2·12	10·04	0·00	11·98	—	—	—	—
XXXI.	54	—	—	11·52	2·01	8·49	10·43	—	—	—	—	—	—
XLIX.	44	—	—	—	—	0·69	11·54	1·67	10·53	—	—	—	—
XVII.	51	—	—	—	—	2·39	11·96	9·34	—	—	—	—	—
XLII.	49	—	—	—	0·58	13·82	14·35	—	—	—	—	—	—

Die mittlere Variation beträgt

im Versuch	XXIX.	4·96	Procent
„	XXX.	6·59	„
„	LXXVII.	7·82	„
„	LXXVI.	4·53	„
„	XLV.	5·05	„
„	LI.	9·02	„
„	XLI.	5·65	„
„	XXXI.	8·11	„
„	XLIX.	6·11	„
„	XVII.	7·90	„
„	XLII.	9·58	„

			Zahl der Beobacht.
Die mittlere Variation ist bei den Versuchen mit Kost	6·33	Proc.	23
bei den Hungerversuchen	7·47	„	19
bei sämmtlichen Versuchen	6·85	„	42

Die mittlere Variation der Kohlensäureabgabe im wachen Zustand beträgt 9·32 Procent. Im Schlaf sind also die Variationen der Kohlensäureabgabe etwa $^1/_3$ kleiner als im wachen Zustande.

Ueber das Verhältniss zwischen der Kohlensäureabgabe im wachen Zustande und im Schlaf liegen bis jetzt kaum einige Untersuchungen am Menschen vor. Wie schon gesagt, haben Scharling und Smith einige Angaben über die Kohlensäureabgabe im Schlafe mitgetheilt, aus welchen hervorzugehen scheint, dass diese im Schlafe bedeutend geringer als im wachen Zustande ist. Die betreffenden Bestimmungen sind aber nicht in directem Zusammenhang mit solchen für den wachen Zustand ausgeführt und wir können daher aus denselben keine Schlussfolgerungen hinsichtlich der Frage ziehen, in einem wie hohen Grade die Kohlensäureabgabe im Schlafe abnimmt.

Löwy und Magnus-Levy[1] stellen in Frage, ob der Schlaf überhaupt die Oxydationsprocesse im Körper herabsetzt.

Dass dies in der That der Fall ist, geht jedoch mit aller Bestimmtheit aus denjenigen Versuchen von Pettenkofer und Voit hervor, bei welchen diese Autoren die Kohlensäureabgabe für den Tag und die Nacht bestimmten. Ihre Ergebnisse zeigen nämlich ganz unzweideutig, dass während der Nacht die Kohlensäureabgabe geringer

[1] Vgl. Magnus-Levy, a. a. O., S. 37.

ist als während des Tages — wir berücksichtigen natürlich nur die Versuche bei körperlicher Ruhe — und dann muss noch bemerkt werden, dass die Versuchsperson lange nicht die gesammten 12 Stunden, die Pettenkofer und Voit als Nachthälfte rechneten, schlief, sondern einen grossen Theil derselben in wachem Zustande zubrachte. Wir stellen diese Versuche nebst einer von uns ausgeführten Berechnung über das Verhältniss der Kohlensäureabgabe in der Tages- und der Nachthälfte hier zusammen.

Die Kohlensäureabgabe während der Tageshälfte und der Nachthälfte nach Pettenkofer und Voit.

Versuchsperson	Zustand	Kohlensäure; Gramm		Verhältniss Nacht : Tag
		Nacht	Tag	
I.[1] 1)	Hunger	312	427	100 : 137
3)	„	316	379	100 : 120
5)	Mittlere Kost	379	538	100 : 141
6)	„	404	539	100 : 133
7)	„	403	527	100 : 131
10)	N-reiche Kost	423	580	100 : 137
11)	„	442	596	100 : 135
12)	N-arme Kost	331	508	100 : 154
14)	Dieselbe Kost morgens u. abends	451	481	100 : 107
II.	Mittlere Kost	299	396	100 : 132
Diabetiker[2]	Gemischte Kost	300	359	100 : 120
„ [2]	„	315	345	100 : 110
Leukämiker[3]	„	465	481	100 : 103

Das Verhältniss zwischen Nacht und Tag ist für die an gesunden Menschen ausgeführten Versuche im Mittel wie 100 : 133.

Um die relative Grösse der Kohlensäureabgabe im wachen Zustande und im Schlaf zu eruiren, haben wir für unsere Versuche den mittleren Werth der Kohlensäureabgabe für jeden dieser verschiedenen Zustände berechnet und haben dabei die folgenden Ergebnisse erhalten:

---

[1] Pettenkofer und Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. II, S. 546. 1866.
[2] Pettenkofer und Voit, *ibid.* Bd. III, S. 398. 1867.
[3] Pettenkofer und Voit, *ibid.* Bd. V, S. 326. 1869.

Die Kohlensäureabgabe im Schlaf und im wachen Zustande.

Versuch	Kohlensäure; Mittel; Gramm		Verhältniss Schlaf: Wachen
	Schlaf	Wachen	
	A. Bei normaler Kost.		
XXIX.	41	59	100:144
XXX.	43	59	100:137
LXXVII.	49	72	100:147
LXXVI.	39	59	100:151
XLV.	39	65	100:169
LI.	42	58	100:138
	B. Beim Hunger.		
XLI.	44	68	100:156
XXXI.	54	76	100:142
XLIX.	44	59	100:136
XVII.	51	67	100:132
XLII.	49	69	100:143

Mittel der Versuche mit normaler Kost 100:148
„ „ Hungerversuche 100:142
„ sämmtlicher Versuche 100:145

Im Mittel sämmtlicher Versuche ist das Verhältniss der Kohlensäureabgabe im Schlaf und im wachen Zustande wie 100:145. Im wachen Zustande und in Ruhe ist also die Kohlensäureabgabe im Mittel 45 Procent grösser als im Schlaf.

Die Ursache dazu glauben wir mit aller Bestimmtheit in der grösseren Schlaffheit der Muskeln, die im Schlaf stattfindet, suchen zu müssen. Dagegen haben wir, ebensowenig als Loewy und Magnus-Levy, keinen Grund anzunehmen, dass der Schlaf an und für sich irgend welchen specifischen Einfluss auf den Stoffwechsel im Körper ausübt.

Ueber die Grösse der Kohlensäureabgabe während des Schlafes selbst liegen unseres Wissens keine anderen längeren Beobachtungen vor, als 5 von Lewin[1] mit dem Pettenkofer'schen Respirationsapparat ausgeführte Respirationsversuche. Diese fanden an einem robusten Arbeiter von 76 kg Körpergewicht statt; der Mann schlief die ganze Versuchsdauer im Respirationsapparate. Diese Versuche lehren uns also nichts betreffs des Verhältnisses der Kohlensäureabgabe im Schlaf und im wachen Zustande. Die Ergebnisse sind folgende:

[1] Lewin, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. XVII, S. 71—77. 1881.

Nummer	Schlafzeit	CO_2 Gramm	CO_2 Gramm pro 2 Stunden
1	8 Stund. 2 Min.	208·5	52
2	8 „ 21½ „	227·1	54
3	8 „ 34 „	220·3	51
4	8 „ 44 „	248·0	56
5	8 „ 40½ „	236·1	54
			Mittel 53

Dieses Mittel stimmt mit dem höchsten von uns beobachteten Mittelwerth überein.

Wenn es gilt zu untersuchen, welchen Einfluss das Lebensalter und die Körpergrösse an und für sich auf die Grösse des Stoffwechsels ausüben, dürften Versuche über den Stoffwechsel im Schlaf am meisten befriedigend sein, denn da befindet sich ja die Versuchsperson in der grössten möglichen Muskelruhe, und Differenzen, die von einer während des wachen Zustandes auftretenden verschieden starken Muskelspannung u.s.w. bedingt sind, werden jetzt ausgeschlossen.

Aus diesem Gesichtspunkte haben wir daher unsere Beobachtungen über die Kohlensäureabgabe im Schlaf einer Berechnung unterworfen. Als Grundlage dieser Berechnung haben wir für jede unserer Versuchspersonen den kleinsten von uns beobachteten Werth der Kohlensäureabgabe im Schlaf benutzt, da wir ja berechtigt sind anzunehmen, dass die grösste Muskelruhe eben diesem Werth entspricht und also das minimale Bedürfniss des Körpers in dem eben vorhandenen Nahrungszustand ausdrückt.

Aus diesem Werth haben wir Werthe für die Kohlensäureabgabe pro Kilogramm Körpergewicht und pro Quadratmeter Körperoberfläche hergeleitet, wobei wir die letztere wie oben nach der Formel von Meeh $y = K.a^{2/3}$ berechnet haben, wo K bei den Versuchen an jungen Leuten (Nr. 1 bis 5) = 12·85 und für ältere Personen = 12·53 angenommen worden ist. (Siehe die Tabelle Seite 150.)

Dass die Kohlensäureabgabe pro Kilogramm Körpergewicht in der Regel abnimmt bei zunehmendem Körpergewicht, braucht nicht mehr bewiesen zu werden und geht mit aller wünschenswerthen Deutlichkeit aus der Tabelle hervor.

Von grösserem Interesse ist es zu untersuchen, wie sich die Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter Körperoberfläche verhält. Hier tritt wiederum die Bedeutung des Lebensalters deutlich hervor. Bei den beiden Knaben von 11 bis 12 Jahren ist die Kohlensäureabgabe

Minimum der Kohlensäureabgabe im Schlaf.

Nummer	Versuch	Alter	Körpergewicht; Kilogramm	Körperoberfläche; Quadratmeter	CO_2 pro 2 Stunden			Mittlere Temperatur in der Respirationskammer
					absolut	pro Kilogramm	pro Quadratmeter	
1	XXIX.	11	32·05	1·296	37	1·139	28·18	17·2
2	XXX.	12	38·30	1·460	40	1·050	27·56	18·8
3	XLI.	18	57·00	1·903	39	0·692	20·72	17·3
4	XXXI.	20	71·18	2·207	49	0·691	22·27	19·5
5	LXXVII.	22	72·70	2·238	43	0·596	19·35	17·5
6	XLIX.	30	63·00	1·984	39	0·613	19·48	18·7
7	XVII.	32	69·51	2·118	45	0·642	21·06	16·1
8	XLII.	43	83·51	2·394	42	0·504	18·00	19·3
9	LXXVI.	69	66·60	2·059	37	0·551	17·83	17·8
10	XLV.	78	59·00	1·899	35	0·586	18·26	16·3
11	LI.	84	61·31	1·948	37	0·605	18·99	17·0

für die Einheit der Körperoberfläche beträchtlich grösser als bei den übrigen 9 Versuchspersonen. Auch bei diesen erscheinen aber Schwankungen der Kohlensäureabgabe, welche möglicherweise dafür sprechen können, dass auch bei Erwachsenen die Kohlensäureabgabe bei jüngeren Individuen etwas grösser ist als bei älteren. Wir finden nämlich für Nr. 3 und 4 im Mittel 21·50, für Nr. 5 bis 7 im Mittel 19·96, für Nr. 8 18·00 g, für Nr. 9 bis 11 im Mittel 18·36 g CO_2 pro Quadratmeter der Körperoberfläche. Im Mittel erhalten wir die folgenden relativen Werthe:

Versuch	Alter; Jahre	CO_2 pro 2 Stunden und 1 Quadratmeter Körperoberfläche
XXIX., XXX.	11—12	152
XLI., XXXI.	18—20	117
LXXVII., XLIX., XVII.	22—32	109
XLII.	43	98
LXXVI., XLV., LI.	69—84	100

Bei den Knaben ist also die Kohlensäureabgabe pro Quadratmeter Körperoberfläche 52 Procent und bei jungen Leuten im Alter von 18 bis 20 Jahren 17 Procent grösser als bei den Greisen.

Wir müssen vielleicht noch hervorheben, dass diese Zusammenstellung von Versuchsresultaten, welche theils an fastenden, theils an normal ernährten Menschen gewonnen sind, durchaus berechtigt ist, wenn wir uns nämlich erinnern, dass bei unseren Hungerversuchen der wirkliche Hungerzustand erst am Morgen nach der Nacht eintrat und dass die Kost, welche Erwachsene hier im Lande zu Abend zu geniessen pflegen, im Allgemeinen keine reichliche ist.

§ 6. Die N-Ausscheidung im Harn während der verschiedenen Stunden des Tages.

Ueber die N-Ausscheidung im Harn während der verschiedenen Stunden des Tages liegen unseres Wissens keine anderen Untersuchungen am Menschen vor als diejenigen, welche Voit und Forster in aller Kürze mitgetheilt haben.

Voit[1] fastete 23 Stunden, genoss dann eine sehr reichliche, aus mehreren Beefsteaks, 6 weichgekochten Eiern und etwas Brod bestehende Mahlzeit. Diese Mahlzeit war um 12 Uhr 25 Min. Nachm. beendigt. Von 9 Uhr früh dieses Tages bis um 1 Uhr Nachm. am folgenden Tage wurde der Harn jede Stunde entleert und an Harnstoff analysirt.

Die Harnstoffmenge nahm während der ersten Stunde nach der Mahlzeit kaum zu, zeigte aber schon während der zweiten Stunde eine deutliche Steigerung und erreichte in ununterbrochenem Zuwachs während der siebenten Stunde ihr Maximum. Von da an sinkt sie wieder herab zum Minimum, jedoch nicht continuirlich, sondern mit einigen Schwankungen, unter denen eine, während der zwölften Stunde, relativ beträchtlich war. Die Hälfte der ganzen Harnstoffmenge wurde innerhalb elf Stunden ausgeschieden.

Forster[2] erwähnt betreffs seines Versuches nur, dass seine Versuchsperson um 9 Uhr Vorm. 500 ^{g} Fleisch (mit 18·04 ^{g} N) und 48·3 ^{g} Fett erhielt, nachdem sie vom vorigen Abend gefastet hatte. Während 24 Stunden wurde die Blase fast jede Stunde entleert und für vierstündige Perioden die in der folgenden Tabelle aufgenommenen Werthe für die N-Ausscheidung gefunden:

---

[1] Voit, *Physiologisch-chemische Untersuchungen.* Augsburg 1857. S. 41—44.
[2] Forster, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. IX, S. 383. 1873.

Zeit	N im Harn
10h Vorm. bis 1h Nachm.	2·74
2h Nachm. „ 5h „	3·51
6h „ „ 9h „	3·36
10h „ „ 1h Vorm.	3·36
2h Vorm. „ 5h „	2·52
6h „ „ 9h „	2·56

Die N-Ausscheidung erreicht während der zweiten Periode ihr Maximum, bleibt während der zwei folgenden etwa auf derselben Höhe, um während der zwei letzten wieder abzunehmen.

Bei unseren 24stündigen Versuchen sammelten wir die 24stündige Harnmenge, um solcher Art den Gesammtstoffwechsel unserer Versuchsindividuen zu bestimmen. Um aber auch die Frage von den Variationen der N-Ausscheidung im Verlauf des Tages etwas aufzuklären, wurde in 6 Versuchen der Harn in getrennten Portionen aufgefangen und analysirt.

Da es jedoch für unseren Versuchszweck in erster Linie nothwendig war, dass sich die Versuchsindividuen in möglichst normalen Verhältnissen befinden sollten, wollten wir dieselben in ihrem Schlaf nicht stören, und sammelten also den gesammten Nachtharn in einer einzigen Portion.

Der Stickstoff wurde durch Doppelanalysen, welche immer genau übereinstimmten, nach Kjeldahl bestimmt.

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Die N-Ausscheidung während der verschiedenen Stunden des Tages.

Versuch	Nummer	Zeit	Volumen; Cubikcentimeter	Spec. Gewicht	N Procent	N Gramm	N Gramm pro Stunde
XLI. T. L., 18 Jahre. Nur Frühstück.	1	7h Nachm.	250	1·017	0·68	1·70	0·85
	2	9h „	510	1·010	0·30	1·53	0·77
	3	10h Vorm.	785	1·016	0·77	6·04	0·46
	4	1h Nachm.	114	1·022	1·03	1·17	0·39
	5	3h „	60	1·036	1·84	1·10	0·55
	6	5h „	68	1·038	1·94	1·32	0·66

Versuch	Nummer	Zeit	Volumen; Cubik-centimeter	Spec. Gewicht	N Procent	N Gramm	N Gramm pro Stunde
XXXI.	1	10h 15′ Nachm.	250	1·025	1·22	3·05	1·53
A. M.,	2	12h 15′ Vorm.	142	1·027	1·56	2·21	1·11
20 Jahre alt.	3	8h 45′ „	491	1·025	1·72	8·45	0·99
Hunger.	4	12h 15′ Nachm.	241	1·024	1·28	3·06	0·93
	5	2h 15′ „	84	1·025	1·37	1·15	0·58
	6	4h 15′ „	87	1·025	1·42	1·24	0·62
	7	6h 15′ „	81	1·027	1·54	1·25	0·63
	8	8h 15′ „	66	1·028	1·67	1·10	0·55
LXXVII.	1	8h 20′ Nachm.	202	1·031	1·44	2·91	1·25
E. T.,	2	10h 20′ „	140	1·030	1·33	1·86	0·93
22 Jahre alt.	3	9h 30′ Vorm.	410	1·035	1·81	7·42	0·66
Normale Kost.	4	11h 30′ „	123	1·029	1·24	1·53	0·77
	5	1h 35′ Nachm.	112	1·032	1·55	1·74	0·84
	6	3h 30′ „	96	1·036	1·71	1·64	0·86
	7	6h 00′ „	188	1·031	1·35	2·54	1·02
XLIX.	1	7h Nachm.	160	1·022	1·19	1·90	0·95
T. S.,	2	9h „	99	1·026	1·72	1·70	0·85
30 Jahre alt.	3	11h „	71	1·027	1·77	1·26	0·63
Hunger.	4	9h Vorm.	253	1·026	1·88	4·76	0·48
	5	11h „	130	1·022	1·13	1·47	0·74
	6	1h Nachm.	140	1·022	1·03	1·44	0·72
	7	3h „	128	1·018	1·05	1·34	0·67
	8	5h „	83	1·023	1·30	1·08	0·54
XVII.[1]	1	9h Nachm.	114	1·032	1·73	1·97	0·99
J. E. J.,	2	11h „	100	1·030	1·58	1·58	0·79
32 Jahre alt.	3	1h Vorm.	85	1·033	1·71	1·45	0·73
Hunger.	4	3h „	86	1·032	1·78	1·53	0·77
	5	5h 45′ „	87	1·029	1·94	1·69	0·61
	6	9h „	120	1·030	1·95	2·34	0·72
	7	11h „	96	—	1·51	1·45	0·73
	8	1h Nachm.	263	1·011	0·60	1·58	0·79
	9	3h „	296	1·011	0·54	1·60	0·80
	10	5h „	221	1·012	0·61	1·35	0·68
	11	7h „	192	1·011	0·65	1·25	0·63

[1] Die Analysen dieses Versuches verdanken wir Herrn Cand. med. E. Landergren.

Versuch	Nummer	Zeit	Volumen; Cubikcentimeter	Spec. Gewicht	N Procent	N Gramm	N Gramm pro Stunde
XLV.	1	9h 50′ Nachm.	86	1·025	1·21	1·04	0·40
H. R.,	2	2h 45′ Vorm.	115	1·025	1·34	1·54	0·31
78 Jahre alt.	3	7h 30′ „	130	1·025	1·33	1·73	0·36
Normale Kost.	4	10h 15′ „	86	1·022	1·25	1·08	0·39
	5	12h Mittags	67	1·025	1·26	0·84	0·48
	6	3h 20′ Nachm.	101	1·025	1·21	1·22	0·37
	7	7h 15′ „	133	1·025	1·29	1·72	0·44

Diese Versuche sind in den Figg. 24 bis 29 graphisch dargestellt. Die Colonnen geben die N-Ausscheidung pro Stunde an und zwar bedeutet 1 Theilstrich 0·1 g N.

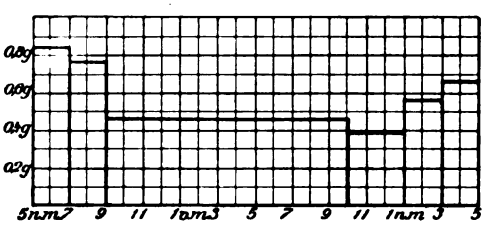


Fig. 24. Vers. XLI.

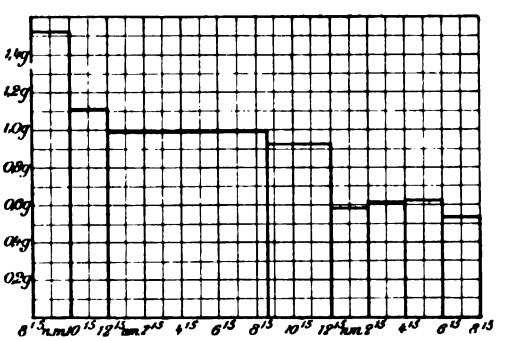


Fig. 25. Vers. XXXI.

Bei den Versuchen XLV. und LXXVII. genossen die Versuchspersonen gewöhnliche Kost; bei den übrigen fasteten sie (im Versuch XLI. genoss jedoch die Versuchsperson um 12 Uhr Mittags Frühstück).

Bei den Hungerversuchen hatten die Versuchspersonen kurz vor dem Beginn des Versuches ihre letzte Mahlzeit genossen.

Ein allen Hungerversuchen gemeinsamer Zug findet sich darin, dass die N-Ausscheidung während der ersten zweistündigen Periode ihr Maximum darbietet. In Bezug auf den weiteren Verlauf der N-Ausscheidung zeigen die Versuche Differenzen, welche eine besondere Erörterung jedes einzelnen Versuches beanspruchen.

Versuch XXXI. entspricht seinem Verlauf nach am nächsten dem, was man angesichts unserer Kenntnisse von der N-Ausscheidung bei Thieren erwarten könnte. Das Versuchsindividuum hatte vor dem Ver-

such eine an Eiweiss sehr reiche Mahlzeit genossen. Von 8 Uhr 15 Min. Nachm. bis 2 Uhr 15 Min. Nachm. am folgenden Tage bemerken wir hier eine ununterbrochene Abnahme der pro Stunde ausgeschiedenen N-Menge. Zwischen 2 Uhr 15 Min. und 6 Uhr 15 Min. Nachm. erscheint eine, übrigens nur unbeträchtliche, Steigerung; während der letzten zweistündigen Periode wird aber das Minimum der N-Ausscheidung in diesem Versuche erreicht.

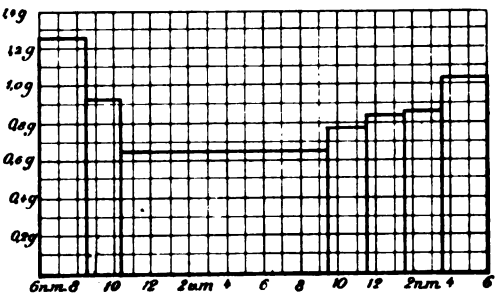


Fig. 26. Vers. LXXVII.

Im grossen Ganzen stimmt der Versuch XLI mit dem eben erörterten Versuch gut überein. Auch hier nimmt die N-Ausscheidung von 5 Uhr Nachm. bis 1 Uhr Nachm. am folgenden Tage ununterbrochen ab. Darnach zeigt sich eine nicht unbeträchtliche Steigerung während der beiden letzten Perioden des Versuches (1 bis 5 Uhr Nachm.). Diese Steigerung dürfte davon bedingt sein, dass die Versuchsperson um 12 Uhr Mittags auf eigenes Verlangen Frühstück erhielt.

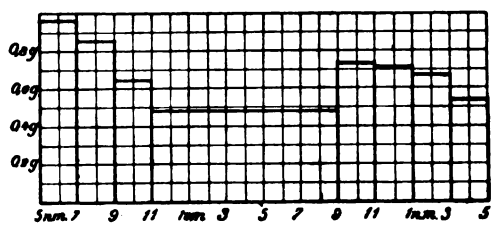


Fig. 27. Vers. XLIX.

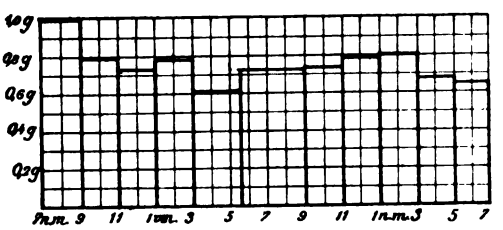


Fig. 28. Vers. XVII.

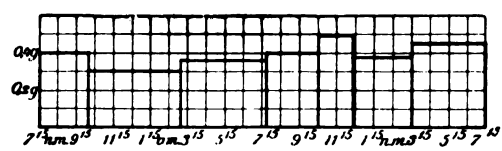


Fig. 29. Vers. XLV.

Diese beiden Versuche zeigen also in einer sehr schönen Weise, wie nahe die N-Ausscheidung von der im Körper befindlichen Menge von Nahrungseiweiss abhängig ist.

In den zwei übrigen Hungerversuchen nimmt die N-Ausscheidung von Stunde zu Stunde bis zum folgenden Tag ab und zwar im Ver-

such XLIX von 5 Uhr Nachm. bis 9 Uhr Vorm., im Versuch XVII von 7 Uhr Nachm. bis 5 Uhr 45 Min. Vorm., dann tritt aber eine nicht unbedeutende Steigerung auf. Im Versuch XLIX. ist die stündliche N-Ausscheidung während der Nacht (11 Uhr Nachm. bis 9 Uhr Vorm.) 0·48, steigt dann auf 0·74, um im weiteren Verlauf des Tages continuirlich bis auf ein Minimum (3 bis 5 Uhr Nachm.) von 0·54 abzunehmen. Dieses Minimum liegt jedoch höher als der Nachtwerth.

Im Versuch XVII ist die N-Ausscheidung zwischen 3 und 5 Uhr 45 Min. Vorm. im Mittel pro Stunde 0·61 g. Zwischen 5 Uhr 45 Min. und 9 Uhr Vorm. ist sie auf 0·72 g gestiegen und nimmt während der folgenden Perioden noch bis auf 0·80 g (zwischen 1 und 3 Uhr Nachm.) zu, um darnach zum Minimum von 0·63 g in der letzten Periode ununterbrochen abzunehmen.

Diese Abweichungen von dem einfachen Verlauf, der in den Versuchen XLI. und XXXI. zum Vorschein kommt, scheinen beim Versuch XVII. wesentlich von der starken Diurese während der Perioden zwischen 11 Uhr Vorm. und 5 Uhr Nachm. bedingt zu sein. Welche anderen Factoren hier und im Versuch XLIX. thätig gewesen sind, erlaubt uns unser Versuchsmaterial nicht zu entscheiden. Man könnte natürlich in erster Linie an eine unvollständige Entleerung der Blase denken. Eine solche hätte sich dann aber auch bei den übrigen Versuchen geltend machen sollen, und gerade diese Versuche wurden an Medicinern gemacht, welche den Zweck der Versuche vollständig verstanden und alles ihrige für das Gelingen derselben thaten.

In den Versuchen LXXVII. und XLV. genossen die Versuchspersonen gewöhnliche Kost. In jenem sinkt die N-Ausscheidung ganz wie bei den Hungerversuchen von 6 Uhr Nachm. bis 9 Uhr 30 Min. Vorm., beginnt aber dann zu steigen und erreicht in einer sehr regelmässigen Zunahme während der letzten Periode des Versuches ihr Maximum. Die Ursache dieser Steigerung ist ohne jeden Zweifel wesentlich von der Nahrungsaufnahme bedingt. Die Versuchsperson genoss ihr Abendbrod um 9 Uhr Nachm., Frühstück um 11 Uhr Vorm. und Mittagsessen um 4 Uhr Nachm.

Der Versuch XLV ist insofern nicht ganz befriedigend, als die Versuchsperson etwa 50 ccm Harn im Abort entleerte. Die N-Bestimmungen im Harn sind also mit einem gewissen Fehler behaftet. Im Allgemeinen bietet die N-Ausscheidung nur kleine Variationen dar und diese stehen mit den Mahlzeiten in einem unverkennbaren Zusammenhang. Zwischen 10 Uhr 15 Min. Vorm. und 12 Uhr Mittags finden

wir eine Steigerung von 0·39 auf 0·48 g N pro Stunde: die Versuchsperson hatte um 10 Uhr Vorm. ihr Frühstück genossen. Eine letzte Steigerung von 0·37 auf 0·44 g erscheint während der Periode von 3 Uhr 20 Min. und 7 Uhr 15 Min. Nachm., welche Steigerung unzweifelhaft damit zusammenhängt, dass die Versuchsperson um 3 Uhr 15 Min. Nachm. ihr Mittagsessen bekam.

§ 7. Ueber den Zusammenhang zwischen den täglichen Variationen der Körpertemperatur des Menschen und den täglichen Variationen in der Verbrennung im Körper.

Durch zahlreiche Untersuchungen ist es längst festgestellt, dass die normale Temperatur des menschlichen Körpers regelmässige tägliche Schwankungen darbietet und zwar so, dass sie in der späteren Hälfte der Nacht ihr Minimum und in der späteren Hälfte des Tages gegen Abend ihr Maximum hat.

Da die im Verlaufe des Tages auftretenden Variationen der Verbrennung im Körper unseres Wissens vorher nie in ihren Einzelheiten, so wie es bei unseren Versuchen der Fall gewesen, studirt worden sind, liegt es nahe, zu untersuchen, ob sich zwischen diesen Variationen und den täglichen Variationen der Körpertemperatur eine nähere Uebereinstimmung nachweisen lässt.

Aus leicht erklärlichen Gründen ist es uns nicht möglich gewesen, die Körpertemperatur und ihre Variationen im Verlauf des Tages bei unseren Versuchspersonen direct zu bestimmen. Wir müssen daher als Grundlage unseres Vergleiches diejenigen Werthe legen, welche von anderen mitgetheilt worden sind, und wir wählen hierbei selbstverständlich die von Jürgensen veröffentlichten,[1] weil diese sowohl durch die Anzahl der Bestimmungen und durch die Sorgfalt, mit welcher sie ausgeführt worden sind, alle übrigen weit überragen.

Als Normalcurve der Körpertemperatur eines nicht hungernden Menschen nehmen wir also die auf Grund von Jürgensen's Angaben von Landois mitgetheilten mittleren Werthe.[2]

Als Ausdruck für die Temperaturschwankungen bei einem hungernden Menschen wählen wir das Mittel von Jürgensen's Bestimmungen am Versuchsindividuum Vogel während des ersten Hungertages.[3]

---

[1] Jürgensen, *Die Körperwärme des gesunden Menschen.* Leipzig 1873.
[2] Landois, *Lehrbuch d. Physiol.* 2. Aufl., S. 406. 1881.
[3] Jürgensen, a. a. O., S. XXXIII, Tab. 5; S. XXXIV, Tab. 7.

Diese von uns benutzten Temperaturen sind in der folgenden Tabelle aufgenommen.

Tägliche Variationen der Körpertemperatur des Menschen nach Jürgensen.

Zeit	Temperatur, Normale Kost	Temperatur, Hunger	Zeit	Temperatur, Normale Kost	Temperatur, Hunger
6 bis 7h Nachm.	37·5	37·30	6 bis 7h Vorm.	36·7	36·79
7 „ 8h „	37·5	37·30	7 „ 8h „	36·7	36·88
8 „ 9h „	37·4	37·27	8 „ 9h „	36·8	37·00
9 „ 10h „	37·4	37·17	9 „ 10h „	36·9	36·95
10 „ 11h „	37·3	37·05	10 „ 11h „	37·0	37·02
11 „ 12h „	37·2	36·99	11 „ 12h „	37·2	37·03
12 „ 1h Vorm.	37·1	36·90	12 „ 1h Nachm.	37·3	37·09
1 „ 2h „	37·0	36·74	1 „ 2h „	37·3	37·16
2 „ 3h „	36·9	36·70	2 „ 3h „	37·4	37·11
3 „ 4h „	36·8	36·70	3 „ 4h „	37·4	37·05
4 „ 5h „	36·7	36·70	4 „ 5h „	37·4	37·00
5 „ 6h „	36·7	36·70	5 „ 6h „	37·5	37·00

Betreffend die Behandlung unseres eigenen Materials müssen wir folgendes bemerken.

Bei allen denjenigen Versuchen, wo die N-Ausscheidung für einigermassen gleich grosse Perioden bestimmt worden ist (Versuch XLI, XXXI, LXXVII, XLIX und XVII) haben wir aus diesen Bestimmungen die N-Ausscheidung pro Stunde berechnet. Nun enthält das Eiweiss auf 1 g N 3·28 g C. Von diesem Kohlenstoff verlassen 0·67 g den Körper mit dem Harn; der Rückstand, 2·61 g, wird mit den gasförmigen Zersetzungsproducten abgegeben. Von der in diesen gefundenen Kohlenstoffmenge müssen wir daher für jedes während der betreffenden Periode im Harn ausgeschiedene Gramm Stickstoff 2·61 g abziehen; in solcher Weise erhalten wir den Kohlenstoff, welcher der im Körper zersetzten N-freien Substanz entstammt.

Wir haben in solcher Weise die folgenden Werthe für die Ausscheidung des Stickstoffs und des aus N-freien Substanzen entstammenden Kohlenstoffs erhalten.

E Abgabe von Stickstoff und Kohlenstoff während der verschiedenen Stunden des Tages.

Versuch	Nummer	Zeit	N im Harn pro Stunde; Gramm	C in der ausgeathmeten Luft, Gramm pro Stunde	C aus Eiweiss (= N × 2·61); Gramm	C aus N-freien Substanzen; Gramm pro Stunde
XLI.	1	5 bis 7h Nachm.	0·85	10·6	2·2	8·4
	2	7 „ 9h „	0·77	9·5	2·0	7·5
	3	9 „ 11h „	0·46	10·1	1·2	8·9
	4	11 „ 1h Vorm.	0·46	5·8	1·2	4·6
	5	1 „ 3h „	0·46	6·1	1·2	4·9
	6	3 „ 5h „	0·46	5·4	1·2	4·2
	7	5 „ 7h „	0·46	6·0	1·2	4·8
	8	7 „ 9h „	0·46	6·7	1·2	5·5
	9	9 „ 11h „	0·42	7·7	1·1	6·6
	10	11 „ 1h Nachm.	0·39	9·2	1·0	8·2
	11	1 „ 3h „	0·55	8·9	1·4	7·5
	12	3 „ 5h „	0·66	7·9	1·7	6·2
XXXI.	1	8h 15′ bis 10h 15′ Nachm.	1·53	12·0	4·0	8·0
	2	10h 15′ „ 12h 15′ „	1·11	13·0	2·9	10·1
	3	12h 15′ „ 2h 15′ Vorm.	0·99	8·2	2·6	5·6
	4	2h 15′ „ 4h 15′ „	0·99	7·2	2·6	4·6
	5	4h 15′ „ 6h 15′ „	0·99	6·7	2·6	4·1
	6	6h 15′ „ 8h 15′ „	0·99	7·3	2·6	4·7
	7	8h 15′ „ 10h 15′ „	0·93	7·7	2·4	5·3
	8	10h 15′ „ 12h 15′ Nachm.	0·93	8·7	2·4	6·3
	9	12h 15′ „ 2h 15′ „	0·58	10·7	1·5	9·2
	10	2h 15′ „ 4h 15′ „	0·62	9·4	1·6	7·8
	11	4h 15′ „ 6h 15′ „	0·63	9·2	1·6	7·6
	12	6h 15′ „ 8h 15′ „	0·55	9·9	1·4	8·5
LXXVII.	1	6 bis 8h Nachm.	1·25	10·4	3·3	7·1
	2	8 „ 10h „	0·93	11·6	2·4	9·2
	3	10 „ 12h „	0·66	8·6	1·7	6·9
	4	12 „ 2h Vorm.	0·66	8·2	1·7	6·5
	5	2 „ 4h „	0·66	7·4	1·7	5·7
	6	4 „ 6h „	0·66	6·8	1·7	5·1
	7	6 „ 8h „	0·66	5·9	1·7	4·2
	8	8 „ 10h „	0·66	9·1	1·7	7·4
	9	10 „ 12h Mittags	0·77	10·1	2·0	8·1
	10	12 „ 2h Nachm.	0·84	8·4	2·2	6·2
	11	2 „ 4h „	0·86	9·4	2·2	7·2
	12	4 „ 6h „	1·02	12·7	2·7	10·0

Versuch	Nummer	Zeit	N im Harn pro Stunde; Gramm	C in der ausgeathmeten Luft; Gramm pro Stunde	C aus Eiweiss (= N × 2·61); Gramm	C aus N-freien Substanzen; Gramm pro Stunde
XLIX.	1	5 bis 7h Nachm.	0·95	7·7	2·5	5·2
	2	7 „ 9h „	0·85	9·9	2·2	7·7
	3	9 „ 11h „	0·68	8·3	1·6	6·7
	4	11 „ 1h Vorm.	0·48	7·7	1·3	6·4
	5	1 „ 3h „	0·48	5·9	1·3	4·6
	6	3 „ 5h „	0·48	5·3	1·3	4·0
	7	5 „ 7h „	0·48	6·1	1·3	4·8
	8	7 „ 9h „	0·48	6·6	1·3	5·3
	9	9 „ 11h „	0·74	8·9	1·9	7·0
	10	11 „ 1h Nachm.	0·72	7·7	1·9	5·8
	11	1 „ 3h „	0·67	6·5	1·7	4·8
	12	3 „ 5h „	0·54	8·0	1·4	6·6
XVII.	1	7 „ 9h Nachm.	0·99	11·8	2·6	9·2
	2	9 „ 11h „	0·79	14·5	2·1	12·4
	3	11 „ 1h Vorm.	0·73	9·2	1·9	7·3
	4	1 „ 3h „	0·77	8·4	2·0	6·4
	5	3 „ 5h „	0·61	7·1	1·6	5·5
	6	5 „ 7h „	0·72	6·1	1·9	4·2
	7	7 „ 9h „	0·72	7·6	1·9	5·7
	8	9 „ 11h „	0·73	9·0	1·9	7·1
	9	11 „ 1h Nachm.	0·79	8·9	2·1	6·8
	10	1 „ 3h „	0·80	9·5	2·1	7·4
	11	3 „ 5h „	0·68	9·0	1·8	7·2
	12	5 „ 7h „	0·63	7·6	1·6	6·0

Aus diesen Zahlen sind die in Figg. 30 bis 34 dargestellten Diagramme construirt. In diesen geben die leeren Felder die Menge des aus N-freien Substanzen entstammenden Kohlenstoffs und die schraffirten Felder die Stickstoffmenge an. Der Massstab ist so gewählt, dass ein Theilstrich 1 g Kohlenstoff und zwei Theilstriche 1 g Stickstoff pro Stunde bezeichnet. Wir haben verschiedene Massstäbe für Stickstoff und Kohlenstoff benutzt, um solcher Art in der Summe der leeren und der schraffirten Felder einen approximativen relativen Ausdruck für die Intensität der im Körper stattfindenden Verbrennung zu erhalten. 1 g N im Harn entspricht nämlich 25·94 WE und 1 g Kohlenstoff in der ausgeathmeten Luft 9·50 bis 12·31 (im Mittel 10·9) WE,

je nachdem der Kohlenstoff aus Fett oder aus Kohlehydraten entstammt. Also wird in unserem Maassstab ein grosser Theilstrich für Kohlenstoff etwa 11 WE und für Stickstoff etwa 13 WE repräsentiren.

In diesen Diagrammen haben wir noch die aus den Versuchen Jürgensen's hergeleitete Temperaturcurve des Menschen eingezeichnet.

In den Versuchen XLI, XXXI, LXXVII und XLIX. finden wir eine überraschende Uebereinstimmung in dem Verlauf der beiden Curven. Die dort auftretenden Abweichungen sind der Art, dass sie sich durch den Umstand, dass die Temperaturcurve doch nicht an der betreffenden Versuchsperson selbst bestimmt worden ist, befriedigend erklären lassen.

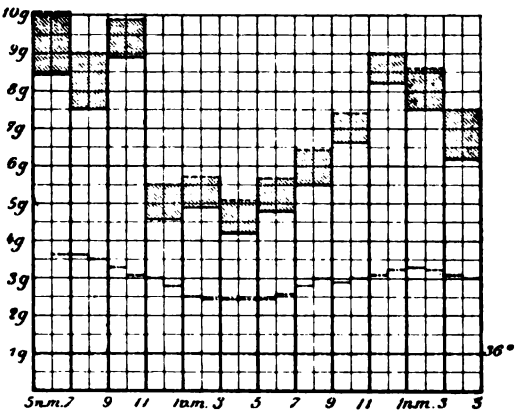


Fig. 30. Versuch XLI.

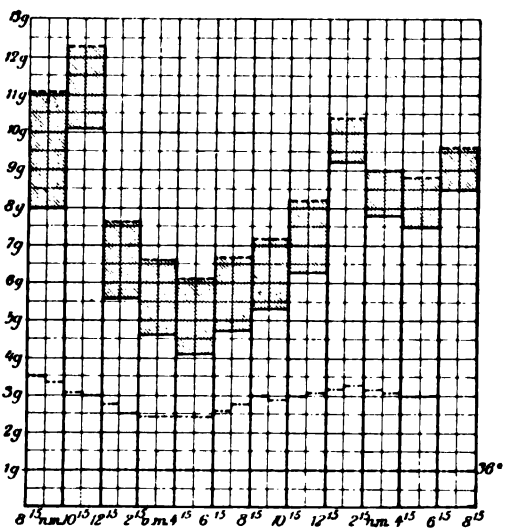


Fig. 31. Versuch XXXI.

Auch im Versuch XVII. haben die beiden Curven denselben Verlauf; sie sind aber einigermassen gegen einander verschoben, insofern als das Minimum des Stoffwechsels zu einer Periode erscheint, wo die Temperaturcurve schon die Tendenz hat zu steigen. Diese Verschiebung umfasst jedoch nicht mehr als etwa eine Stunde und findet ihre natürliche Erklärung darin, dass in diesem Versuche die Versuchsperson während der ersten Hälfte der Nacht mit physiologischen Versuchen eifrig beschäftigt war (vgl. oben S. 135).

Ein Vergleich der Curven Figg. 30 bis 34, welche den Gesammtstoffwechsel unserer Versuchspersonen während der verschiedenen Stunden des Tages in einem gewissen Grade ausdrücken, mit den Curven Figg. 15 bis 19, welche die täglichen Variationen der Kohlensäureabgabe derselben Individuen darstellen, ergiebt, dass beide Curven ziemlich parallel verlaufen und vor allem, dass sie nie in entgegengesetzter Richtung gehen. Hieraus folgt, dass die Kohlensäureabgabe einen relativen Ausdruck für die täglichen Variationen der Verbrennung im Körper abgiebt.

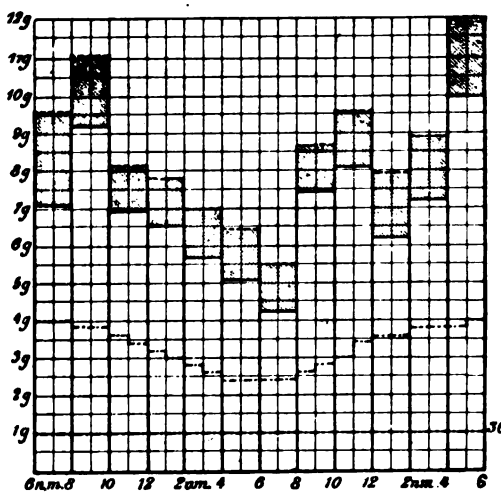


Fig. 32. Versuch LXXVII.

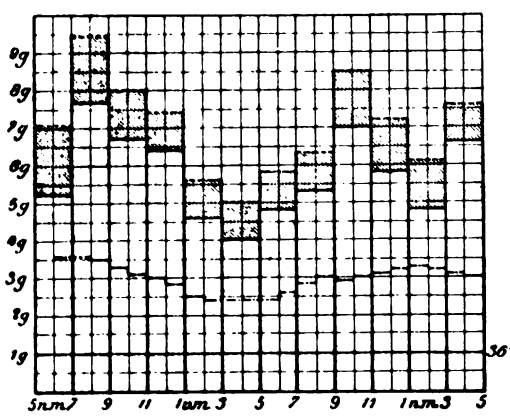


Fig. 33. Versuch XLIX.

Auf Grund dessen sind wir berechtigt, mit denjenigen Versuchen, wo wir den Harn in getrennten Portionen nicht gesammelt haben, und an welchen wir also dieselbe Berechnung wie an den eben angeführten Versuchen nicht durchführen können, dieselbe Zusammenstellung mit den täglichen Temperaturvariationen zu machen.

In die Curve, welche die Kohlensäureabgabe im Versuch XLII darstellt (Fig. 20), haben wir daher die Jürgensen'sche Temperaturcurve beim Hunger eingezeichnet. Wir finden hier ganz dieselbe Uebereinstimmung zwischen den beiden Curven wie bei den übrigen Hungerversuchen.

In derselben Weise haben wir in Figg. 13, 14, 21 bis 23 nach Jürgensen die Temperaturschwankungen beim nicht hungernden

Menschen copirt. Die Uebereinstimmung ist in den Versuchen XXIX und XXX ganz vollständig; in dem Versuch LXXVI zeigen sich allerdings ein paar Abweichungen (besonders um 6 bis 8 Uhr Vorm.), im grossen Ganzen muss man aber zugeben, dass auch hier die beiden Curven leidlich parallel gehen.

Ganz anders bei den Versuchen XLV und LI. Hier ist es gar nicht möglich, von einem Parallelismus der beiden Curven zu sprechen. Dies dürfte wahrscheinlich davon bedingt sein, dass die betreffenden Versuchspersonen sehr alt (78, bezw. 85 Jahre) waren. Wenn wir nämlich bedenken, wie schwach die periphere Circulation im hohen Greisenalter ist, so ist es gar nicht unmöglich, dass bei sehr alten Individuen die Körpertemperatur in einer anderen Weise als bei jüngeren Menschen variirt. Dass Variationen in Bezug auf die Eiweisszersetzung diese Ausnahme nicht erklären können, geht daraus hervor, dass beim Versuch XLV die N-Ausscheidung im Harn nur geringe Variationen im Verlauf des Tages zeigte.

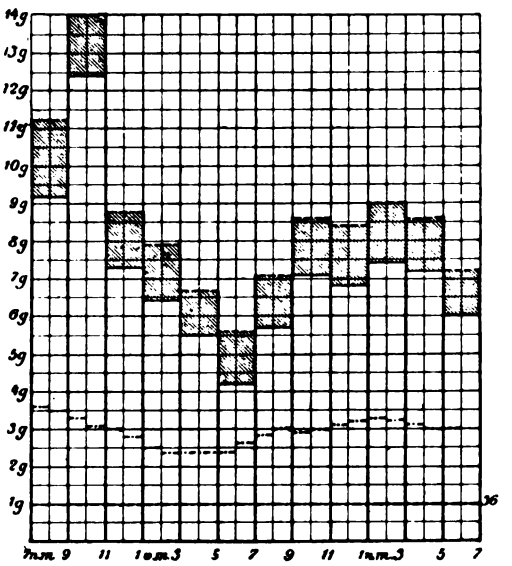


Fig. 34. Versuch XVII.

Wir glauben also berechtigt zu sein, aus diesen Betrachtungen zu folgern, dass die Ursache der täglichen Schwankungen in der Körpertemperatur des ruhenden Menschen wesentlich, und wahrscheinlich vor Allem, von den täglichen Schwankungen in der Intensität des Stoffwechsels bedingt sind.

Andererseits scheint dieses Ergebniss für die allgemeine Gültigkeit der Erfahrungen von Jürgensen über den Gang der täglichen Variationen in der Körpertemperatur des Menschen zu sprechen.

§ 8. Schlussfolgerungen.

Die in diesem Abschnitte zusammengestellten Versuche gestatten also die folgenden Schlussfolgerungen.

1. Bei einem ruhig stillsitzenden Menschen bietet die Kohlensäureabgabe in der Regel nur wenig umfangreiche Schwankungen von Stunde zu Stunde dar. Die mittlere Abweichung beträgt nach 44 an 9 verschiedenen Individuen gemachten Beobachtungen 6·19 Procent des mittleren Werthes pro 5 Stunden.

2. Auch wenn zwischen die Ruhestunden Arbeitsstunden eingeschaltet werden, sind die während der körperlichen Ruhe auftretenden Schwankungen nicht viel grösser. Aus 63 an 7 verschiedenen Individuen unter diesen Verhältnissen gemachten Beobachtungen haben wir nämlich die mittlere Abweichung zu 6·84 Procent des mittleren Werthes pro 3 Stunden gefunden.

3. Bei einem und demselben Individuum bietet die Kohlensäureabgabe unter denselben äusseren Verhältnissen nur geringe Variationen von Tag zu Tag dar; auch wenn die Beobachtungszeiten durch Monate von einander getrennt sind, beträgt die mittlere Abweichung nur 9·06 Procent des mittleren Werthes.

4. Im Verlauf von 24 Stunden treten beträchtliche Variationen auf, welche wesentlich vom Schlaf und vom wachen Zustande bedingt sind.

5. Im Mittel verhält sich die Kohlensäureabgabe im Schlaf und im wachen Zustande wie 100 : 145. Die Extreme sind 100:169 und 100:132.

6. Im wachen Zustande ist die Abweichung während zweistündiger Perioden im Mittel von 82 Beobachtungen an 11 verschiedenen Individuen 9·32 Procent des Mittels. Der aus einem zweistündigen Versuch erhaltene Werth ist also mit einem Fehler von nur etwa 10 Procent als Ausdruck für die Kohlensäureabgabe beim nicht arbeitenden Menschen im wachen Zustande gültig.

7. Im Schlaf ist die Abweichung während zweistündiger Perioden im Mittel von 42 Beobachtungen an 11 verschiedenen Individuen 6·85 Procent des Mittels, also etwa ein Drittel kleiner als im wachen Zustande.

8. Das Minimum der Kohlensäureabgabe im Schlaf, berechnet pro Quadratmeter Körperoberfläche, ist bei 11 bis 12jährigen Kindern 52 Procent und bei jungen Leuten von 18 bis 20 Jahren 17 Procent grösser als bei Greisen.

9. Bezüglich der im Verlauf des Tages erscheinenden Variationen der N-Ausscheidung verweisen wir auf das oben (§ 7) Gesagte.

10. Die Ursache der im Verlaufe des Tages erscheinenden Schwankungen in der Körpertemperatur des ruhenden Menschen sind wesentlich, und wahrscheinlich vor Allem, von den täglichen Schwankungen in der Intensität des Stoffwechsels bedingt.

Vierter Abschnitt.

Ueber die Einwirkung der Muskelarbeit auf die Kohlensäureabgabe des Menschen.

§ 1. Geschichtliche Einleitung.

In seinen im Verein mit Séguin ausgeführten Respirationsversuchen am Menschen fand Lavoisier, dass der Sauerstoffverbrauch beim Hunger durch Muskelarbeit von 24·0 bis 26·7 auf 64·5 Liter pro Stunde zunahm. Während der stattfindenden Verdauung betrug der Sauerstoffverbrauch bei Ruhe 37·7 Liter; durch Muskelarbeit stieg er auf 91·2 Liter. Die ausgeführte Arbeit bestand darin, dass die Versuchsperson während $^1/_4$ Stunde ein Gewicht von 7·343 ^{kg} zu einer Höhe von 211·146 ^{m} hob.[1]

Es dauerte lange, bis diese Untersuchungen fortgesetzt wurden. Erst 1859 theilte E. Smith in Zusammenhang mit seinen übrigen Untersuchungen über die Kohlensäureabgabe des Menschen einige hierher gehörige Bestimmungen mit. Er mass die Exspirationsluft mittels einer trockenen Gasuhr und leitete sie dann durch Apparate zur Absorption des in derselben enthaltenen Wassers und der Kohlensäure. Bei Versuchen über die Einwirkung des Gehens auf die Kohlensäureabgabe trug er die Gasuhr auf seinem Rücken und vereinigte die Respirationsmaske mit den Absorptionsapparaten mittels einer aus Glas und Kautschuk zusammengesetzten Röhre, welche ihm gestattete, etwa

---

[1] Lavoisier und Séguin, Premier mémoire sur la respiration. *Mémoires de l'académie des sciences*, année 1789, S. 185. *Oeuvres* de Lavoisier. Bd. II, S. 696. Die Reduction der in Cubikzoll angegebenen Werthe Lavoisier's zu Litern ist von Gavarret (*Physique médicale*, Paris 1855, S. 330) ausgeführt.

11 englische Ellen in jeder Richtung zu gehen. Die Entfernung wurde genau gemessen und der Takt des Ganges so genau wie möglich nach einer Taschenuhr geregelt. Vor dem Anfang des Versuches ging Smith eine Weile in demselben Takt, um den Körper unter volle Einwirkung der gesteigerten Thätigkeit zu bringen.

Bei einer Temperatur von 24·2° C. athmete er beim Gehen von 2 engl. Meilen pro Stunde 1·173 g CO_2 pro Minute aus, und 1·674 g CO_2 als er 3 engl. Meilen pro Stunde zurücklegte. Beim Sitzen und Hungern betrug die Kohlensäureabgabe zu derselben Zeit des Tages 0·482 g CO_2 pro Minute. Im ersten Falle betrug also seine Kohlensäureabgabe etwa $2^1/_2$ mal, und in dem zweiten etwa $3^1/_2$ mal so viel, als in sitzender Stellung.

Ferner untersuchte Smith die Kohlensäureabgabe bei Arbeit an einem Tretrade. Er machte drei derartige Versuche, bei welchen er während einer Viertelstunde an dem Rad arbeitete und wobei er während 5 bis 6 Min. die Kohlensäureabgabe bestimmte. Diese betrug pro Minute bezw. 2·810, 2·780, 3·153 g, also eine sehr beträchtliche Steigerung im Vergleich mit der Kohlensäureabgabe bei Ruhe.[1]

Bei ihren Untersuchungen über den Gesammtstoffwechsel des Menschen beachteten Pettenkofer und Voit auch den Einfluss der körperlichen Arbeit.[2] Ihre Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nummer	CO_2 Gramm			
	bei Tag	bei Nacht	Summe	
	A. Versuche beim Hungern.			
1	427	312	739	Ruhe
3	379	316	695	„
4	930	257	1187	Arbeit
	B. Versuche bei mittlerer Kost.			
5	533	379	912	Ruhe
6	539	404	943	„
7	527	403	930	„
8	885	400	1285	Arbeit
9	828	306	1134	„

Die bei diesen Versuchen ausgeführte Arbeit bestand im Drehen eines Rades, welches nach der Schätzung der Versuchsperson so stark belastet war, dass der Widerstand demjenigen entsprach, wie er ge-

[1] E. Smith, *Philosophical transactions*. Bd. CXLIX, 2, S. 709—711. 1859.
[2] Pettenkofer und Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. II, S. 478 ff. 1866.

wöhnlich bei Drehbänken in mechanischen Werkstätten ist, welche durch ein mit der Hand getriebenes Schwungrad bewegt werden. Die Arbeit dauerte 9 Stunden täglich und die Versuchsperson fühlte sich Abends so ermüdet, wie nach einer anstrengenden Arbeit oder einem längeren Marsche.

Die bei diesen Versuchen erschienene Zunahme der Kohlensäureabgabe beträgt, wenn wir dieselbe nach der Kohlensäureabgabe während der entsprechenden Ruhetage (nicht Nachthälfte) berechnen, beim Hungern 930 — 403 = 527 ^{g}, bei mittlerer Kost 857 — 533 = 324 ^{g}. Die Differenz für 24 Stunden ist bezw. 471 und 281 ^{g}.[1]

In seinem „Handbuch der Physiologie der Ernährung und des Stoffwechsels" theilt Voit die Ergebnisse zweier neuer Arbeitsversuche am Menschen kurz mit. Die eine Versuchsperson, ein Mann von 73 ^{kg} Körpergewicht, arbeitete 5 Stunden lang; für eine Arbeit von 29529 Kilogrammmeter pro Stunde nahm die Fettzersetzung um 9·1 ^{g} (= 25·5 ^{g} CO_2) zu. An einem zweiten, 60 ^{kg} schweren Mann erhielt Voit für eine Arbeit von 19036 Kilogrammmeter pro Stunde eine Zunahme der Fettzersetzung von 7·2 ^{g} (= 20·2 ^{g} CO_2)[2].

Etwas später, als die ersten Untersuchungen Pettenkofer's und Voit's veröffentlicht wurden, theilte Speck eine Reihe Versuche mit, welche bezweckten, den Zusammenhang zwischen dem respiratorischen Gasaustausch und der körperlichen Arbeit festzustellen.[3]

In der ersten Versuchsreihe (1866) wurden die in ein Tuch gebundenen Gewichte in gleicher Weise in stets gleicher Höhe gehoben und wieder langsam gesenkt. Speck stellt sich vor, dass bei der langsamen Senkung ein gleich grosser Kraftaufwand wie beim Heben stattfindet und berechnet also die ausgeführte mechanische Arbeit gleich dem Gewicht mit der doppelten Hubhöhe multiplicirt. Die Versuchsdauer variirte zwischen 3 Min. 5 Sec. und 6 Min. 57 Sec.

Bei Ruhe betrug die Kohlensäureabgabe Speck's pro Minute 0·583 ^{g}.[4] Durch die Arbeit nahm sie, je nach der Grösse der Arbeit, bis 0·912 und 2·276 ^{g} zu. Für 1 Kilogrammmeter betrug die Zu-

---

[1] Pettenkofer und Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. II, S. 537—540. 1866.

[2] Voit, *Handbuch d. Physiologie.* Bd. VI, 1, S. 202. 1881.

[3] Speck, *Arch. d. Vereins f. gemeins. Arbeit.* Bd. VI. — *Schriften d. Gesellschaft zur Beförderung der ges. Naturwiss. zu Marburg.* Bd. X. 1871. — *Deutsches Arch. f. klin. Medicin.* Bd. XLV. 1889. — *Physiologie des menschl. Athmens.* Leipzig 1892. S. 59 folg.

[4] Hier wie überall in dieser Abhandlung haben wir zum Vergleich mit unseren eigenen Ergebnissen die ausgeschiedenen Kohlensäuremengen in Gramm berechnet.

nahme der Kohlensäureabgabe im Mittel 0·00532 g. Bei einer geringeren Arbeitsleistung (kleiner als 100 Kilogrammmeter pro Minute) ist die Zunahme etwas grösser (im Mittel 0·00552) als bei einer grösseren (im Mittel 0·00512).

In einer zweiten Versuchsreihe von demselben Jahre untersuchte Speck den Einfluss der von ihm sogenannten statischen Arbeit, d. h. der Anstrengung, welche nöthig ist, um mit frei herabhängenden Armen oder mit dem Rücken Gewichte festzuhalten. Die Versuchsdauer war hier 6 Min. 10 Sec. bis 8 Min. 40 Sec. Hierbei stieg in Folge der körperlichen Anstrengung die Kohlensäureabgabe pro Minute von 0·583 auf 0·630 bis 1·003 g an.

Fünf Jahre später führte Speck neue Versuche in derselben Richtung aus. Hierbei hob er mit dem Arme Gewichte, welche dann von einem Assistenten empfangen und zu Boden gesetzt wurden. Die Versuchsdauer betrug 3 Min. 20 Sec. bis 4 Min. 45 Sec. Die Kohlensäureabgabe betrug in der Ruhe 0·499 bis 0·528 g pro Minute und wurde durch die Arbeit auf 0·997 bis 1·537 g gesteigert. Pro Kilogrammmeter Muskelarbeit betrug die Steigerung im Mittel von 4 Versuchen 0·00719 g CO_2. In derselben Reihe wurde das Gewicht an einer Rolle gehoben und langsam gesenkt. Dabei wurde Heben und Senken wieder als doppelte Arbeit gerechnet, und die Steigerung der Kohlensäureabgabe für 1 Kilogrammmeter zu 0·00394 bis 0·00493 g gefunden.

Im Jahre 1885 machte Speck noch eine Versuchsreihe über die Steigerung der Kohlensäureabgabe bei Arbeit mit dem Arm. Dabei wurde im Sitzen mit dem linken Arm eine eiserne Welle gedreht, deren Reibung durch Anziehen einer Schraube verändert werden konnte. Die durch Gewichte bestimmte Grösse des Widerstandes war das gehobene Gewicht, und der Weg, den der Handgriff der Kurbel zurücklegte, die Hubhöhe. Die Ergebnisse dieses Versuches sind folgende.

Reihe *d*. Kohlensäureabgabe bei Ruhe pro Minute 0·430 g, bei Arbeit 0·788 bis 1·566 g. Zunahme für 1 Kilogrammmeter Arbeit im Mittel 0·00473 g CO_2. Versuchsdauer 3 Min. 2 Sec. bis 5 Min. 50 Sec.

Reihe *e*. Kohlensäureabgabe bei Ruhe pro Minute 0·422 g, bei Arbeit 0·855 bis 2·106 g. Zunahme pro Kilogrammmeter Arbeit im Mittel 0·00709 g CO_2. Versuchsdauer 2 Min. 17 Sec. bis 5 Min. 28 Sec.

Die Versuche sind in der Weise ausgeführt, dass jeder Versuch der Reihe *d* mit einem Versuch der Reihe *e* unmittelbar fortgesetzt wurde. Hierdurch konnte Speck näher verfolgen, wie sich die Kohlensäureabgabe im Verlaufe der Arbeit verändert.

Wenn man in der Reihe *d* die Versuche nach der Grösse der geleisteten Arbeit eintheilt, so findet man, dass die Kohlensäureabgabe bei einer Arbeit von 55 bis 140 Kilogrammmeter mit im Mittel 0·00552 ^{g} und bei einer Arbeit von 225 bis 281 Kilogrammmeter mit im Mittel 0·00433 ^{g} pro Kilogrammmeter zunimmt.

Im weiteren Verlauf des Versuches ist die Zunahme für 1 Kilogrammmeter Arbeit beträchtlich grösser. Werden diese Versuche in derselben Weise wie eben vorher nach der Arbeitsgrösse geordnet, so erhalten wir pro Kilogrammmeter bei leichterer Arbeit eine Zunahme von im Mittel 0·00768 ^{g} und bei schwererer Arbeit eine Zunahme von im Mittel 0·00668 ^{g} CO_2.

Ferner untersuchte Speck, wie sich der respiratorische Gasaustausch nach beendigter Arbeit gestaltet. Betreffs der Kohlensäureabgabe fand er, dass dieselbe eine gewisse Zeit nach der Arbeit gesteigert ist. Die hierbei hervortretende Steigerung ist so beträchtlich, dass dieselbe bei der Berechnung des Einflusses der Muskelarbeit auf die Kohlensäureabgabe nothwendig berücksichtigt werden muss. Wir finden z. B. bei zwei Versuchen, wo die Zunahme sowohl während als nach der Arbeit bestimmt wurde, die folgenden Werthe:

Zunahme der CO_2-Abgabe pro Minute.

	a) Während der Arbeit.	b) Nach der Arbeit.
1)	1·063 (Versuchsdauer 3 Min. 24 Sec.)	0·225 (Versuchsdauer 7 Min. 10 Sec.)
2)	0·964 („ 3 „ 25 „)	1·135 („ 2 „ 14 „)

Wegen dieser Umstände ist es selbstverständlich, dass die während der Arbeit selbst erhaltenen Werthe für die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Kilogrammmeter sämmtlich zu niedrig sind. Speck hat daher versucht, aus den zuletzt angeführten Versuchen, unter Bezugnahme auf die Kohlensäureabgabe während der nach der Arbeit folgenden Ruheperiode, die 1 Kilogrammmeter nützliche Arbeit entsprechende Zunahme der Kohlensäureabgabe zu berechnen und erhält dann statt 0·00453 ^{g} 0·00571 ^{g} CO_2. Die Differenz beträgt mehr als 20 Procent.

Hanriot und Richet[1] machten Versuche über den respiratorischen Gasaustausch, wenn die Versuchsperson entweder mit Raddrehen oder Heben von Gewichten beschäftigt war. Im letzteren Falle hob die Versuchsperson 5232 mal ein 18 ^{kg} schweres Gewicht einen halben Meter

[1] Hanriot und Richet, *Comptes rend. de l'acad. des sciences.* Bd. CV, S. 76 folg. 1887.

hoch und lies es dann wieder fallen. Ein Hub entspräche dann 9·5 Kilogrammmeter Arbeit. Ferner liessen die Autoren solche Hübe, aber ohne ein Gewicht zu heben, machen. Der Ueberschuss der Kohlensäureabgabe über die Ruhe betrug bei der Leistung eines Hubes von 9·5 Kilogrammmeter Arbeit 0·0971 g und bei der Leistung eines leeren Hubes 0·0183 g. Darnach blieb für 9·5 Kilogrammmeter Arbeit eine Kohlensäureabgabe von 0·0788 g, d. h. für 1 Kilogrammmeter 0·00829 g.

In einer langen Versuchsreihe behandelte Katzenstein in Zuntz' Laboratorium und mit dessen Methoden die vorliegende Aufgabe.[1] Er untersuchte den respiratorischen Gasaustausch bei Arbeit mit den oberen und mit den unteren Extremitäten. In Bezug auf die ersteren benutzte er als Arbeitswerkzeug den Ergostat Gärtner's. Die Arbeit der unteren Extremitäten war theils Gehen auf (fast) horizontalem Boden, theils Steigung bergauf, wozu ein besonderer von Zuntz construirter Apparat benutzt wurde.

Bei den Versuchen am Ergostat wurde zuerst der Gasaustausch in Ruhe bestimmt; dabei lag die Versuchsperson so still wie möglich auf einem Sopha. Die Arbeit fing sogleich nach dem Ende dieser Bestimmung an. Das Versuchsindividuum bekam einen kleinen Papptornister auf den Rücken geschnallt, dessen Gewicht höchstens 200 g betrug und der ausserordentlich bequem sass. In diesem befanden sich die Ventile, und die Verbindung derselben mit dem Mundstück war durch eine passend gebogene Combination von Glas und Kautschuk derart hergestellt, dass keine Zerrungen beim Beugen und Strecken des Rumpfes erfolgen konnten. Dann wurde das Versuchsindividuum angewiesen, den Ergostaten gleichmässig zu drehen. Schon nach den ersten Drehungen stieg die Athemgrösse schnell an; dessen ungeachtet wartete man noch einige Minuten, bevor die Probenahme erfolgte; dadurch sollte es unnöthig werden, den in der Nachwirkungsperiode noch erhöhten Gaswechsel bei Berechnung des Stoffverbrauches bei der Arbeit zu berücksichtigen. Die Probenahme dauerte 2 bis 6 Minuten lang. Während der Zeit (anfangs 5, später 1 bis 2 Min.), welche hierauf nöthig war, um eine neue Probenahme vorzubereiten, setzte das Versuchsindividuum die Drehungen in gleichem Tempo fort, eine zweite Probe wurde genommen, u. s. w.

Ganz analog wurden die Gehversuche angestellt. Nur wurde hier meistens auf eine Aufnahme des Ruhewerthes verzichtet, und wenn dieser genommen wurde, so geschah es, während das Versuchsindividuum möglichst bequem auf der Tretmaschine stand. Meist begann

[1] Katzenstein, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. XLIX, S. 330—381. 1891.

der Versuch mit Gehen auf horizontalem Boden. Nachdem das Gehen 3 bis 5 Minuten gedauert hatte, begann die Probenahme, welche 4 bis 6 Minuten dauerte. Während der Zeit von 1 bis 2 Minuten, welche hierauf nöthig war, um eine neue Probenahme vorzubereiten, dauerte das Gehen im selben Tempo fort. Dann wurde die Maschine stille gestellt und während die Versuchsperson in bequemer Stellung ruhte, wurde eine zweite Luftprobe zur Analyse aufgesammelt: dieselbe ergab die Nachwirkung der Arbeit auf den Gaswechsel.

Auf 1 kg Körpergewicht und pro Minute betrug die Zunahme der Kohlensäureabgabe in den Versuchen mit dem Ergostaten bei leichter Arbeit im Mittel von 9 an 5 verschiedenen Individuen ausgeführten Versuchen 0·0185 g, und bei starker Arbeit im Mittel von 16 an denselben 5 Individuen gemachten Versuchen 0·0318 g. Im ersten Falle betrug die Arbeit pro Kilogramm Körpergewicht und 1 Minute 3·115 Kilogrammmeter, in dem zweiten 7·487 Kilogrammmeter. Im ersten Falle wurde das Rad 31·04, im zweiten 26·44 mal in der Minute umgedreht.

Setzen wir nun, mit Katzenstein, die Menge Kohlensäure, die bei jeder widerstandslosen Umdrehung des Rades pro Kilogramm Körpergewicht abgegeben wird, gleich x, und diejenige Kohlensäuremenge, die für 1 Kilogrammmeter Arbeit am gebremsten Rade abgegeben wird, gleich y, so erhalten wir

$$31{\cdot}04\,x + 3{\cdot}115\,y = 0{\cdot}0185$$
$$26{\cdot}44\,x + 7{\cdot}487\,y = 0{\cdot}0310$$
$$x = 0{\cdot}00028\ g\ CO_2$$
$$y = 0{\cdot}00317\ g\ CO_2.$$ [1]

Zum Vergleich mit den Ergebnissen Speck's hat Katzenstein seine Versuche auch ohne Berücksichtigung der Kohlensäureabgabe für die widerstandslose Umdrehung berechnet und dabei die folgenden Werthe pro Kilogrammmeter Arbeit erhalten.

1) Schwache Dreharbeit von 2·64 Kilogrammmeter pro Kilogramm Körpergewicht und Minute im Mittel von 7 Versuchen: 0·00599 g CO_2.

2) Mittlere Dreharbeit von 5·04 Kilogrammmeter pro Kilogramm Körpergewicht und Minute im Mittel von 7 Versuchen: 0·00473 g CO_2.

3) Starke Dreharbeit von 9·82 Kilogrammmeter pro Kilogramm Körpergewicht und Minute im Mittel von 9 Versuchen: 0·00398 g CO_2.

---

[1] Katzenstein hat a. a. O. S. 360 den Sauerstoffverbrauch und nicht die Kohlensäureabgabe berechnet. Zum Vergleich mit unseren eigenen Werthen haben wir nach seinen Zahlen die letztere berechnet.

Bei Katzenstein's Versuchen war die Nachwirkung nach der Arbeit im Vergleich mit derjenigen in Speck's Versuchen ziemlich gering. Die Zunahme des Sauerstoffverbrauches während der Periode der Nachwirkung beträgt nämlich bei schwacher Arbeit 4·3 Procent, bei mittlerer Arbeit 12·7 Procent und bei starker Arbeit 17·43 Procent der während der Arbeit selbst erscheinenden Zunahme des Sauerstoffverbrauches, und etwa dieselben Werthe gelten auch für die Kohlensäureabgabe.

Katzenstein's Untersuchungen über die Geharbeit haben Folgendes ergeben.

Die Ruhewerthe beim Stehen sind, wie zu erwarten, etwas höher als beim Liegen. Die Steigerung des Sauerstoffverbrauches betrug in einer Reihe 22 Procent, in einer anderen 12 Procent und andere Versuche ergaben eine noch geringere Differenz, nämlich nur 1·2 Procent. In diesen schwankenden Werthen liegt, wie Katzenstein richtig bemerkt, nichts Auffallendes; es ist klar, dass der Stoffwechsel um so höher steigt, je „strammer" die Versuchsperson steht, während beim ganz bequemen Stehen die Ruhe im Stehen fast ohne Muskelthätigkeit erfolgen kann.

Bei fast horizontalem Gang betrug bei einer Arbeit von 32·27 Kilogrammmeter und einem Weg von 74·48 m pro Minute die Zunahme der Kohlensäureabgabe 0·792 g, und beim Gehen bergauf bei einer Arbeit von 403·72 Kilogrammmeter und einem Weg von 67·42 m 1·557 g.

In derselben Weise wie eben vorher berechnet sich diejenige Kohlensäuremenge, welche abgegeben wird, um den Körper (Gewicht 55·53 kg) um 1 m in horizontaler Richtung fortzubewegen, gleich x, und diejenige Kohlensäuremenge, welche für die Hebung des Körpers pro Kilogrammmeter abgegeben wird, gleich y. Wir erhalten dann

$$74{\cdot}48\,x + 32{\cdot}27\,y = 0{\cdot}792$$
$$67{\cdot}42\,x + 403{\cdot}72\,y = 1{\cdot}557$$

$x = 0{\cdot}00966$ g CO_2,

für die horizontale Fortbewegung eines Kilogrammes um 1 m: 0·000174 g CO_2

$y = 0{\cdot}00224$ g CO_2.

Für drei andere Versuchsindividuen erhalten wir in derselben Weise

1) $x = 0{\cdot}01440$ g CO_2,

für die horizontale Fortbewegung eines Kilogrammes um 1 m: 0·000262 g CO_2

$y = 0{\cdot}00194$ g CO_2.

2) $x = 0{\cdot}01375^{g}\ CO_2$,
für die horizontale Fortbewegung eines Kilogrammes um 1 m:
$0{\cdot}000183^{g}\ CO_2$
$y = 0{\cdot}00223^{g}\ CO_2$.

3) $x = 0{\cdot}00902^{g}\ CO_2$,
für die horizontale Fortbewegung eines Kilogrammes um 1 m:
$0{\cdot}000157^{g}\ CO_2$
$y = 0{\cdot}00243^{g}\ CO_2$.

Was die Nachwirkung betrifft, fand Katzenstein, dass bei fast horizontalem Gang der nach dem Ende der Arbeit erscheinende gesteigerte Sauerstoffverbrauch bei langsamem Gehen bei 4 Versuchsindividuen zwischen 3·5 und 11·42 Procent, und bei schnellerem Gehen bei 3 Versuchspersonen zwischen 8·6 und 16·0 Procent von der während der Arbeit selbst hervortretenden Steigerung des Sauerstoffverbrauches betrug.

Beim Gehen bergauf betrug die nach dem Ende der Arbeit hervortretende Steigerung des Sauerstoffverbrauches 6·3 bis 13·2 Procent der während der Arbeit selbst hervortretenden Steigerung.

Während eines sechstägigen Hungerversuches an Breithaupt machten Zuntz und Curt Lehmann einige Arbeitsversuche mit dem Ergostaten Gärtner's. Die Versuche fanden nach der oben angegebenen Methode statt. Die Probenahme dauerte $2^3/_4$ bis 5 Minuten lang. Die Zunahme der Kohlensäureabgabe durch die Arbeit ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.[1]

Tag	Zunahme der Kohlensäureausscheidung; Gramm		
	pro Kilogrammmeter	pro Umdrehung	
Vor dem Hungern	0·00387	0·05544	
Erster Hungertag	0·00528	0·07473	Mittel aus 2 Beobacht.
Zweiter „	0·00415	0·06124	„
Fünfter „	0·00452	0·06450	„
Sechster „	0·00479	0·06824	
Erster Tag nach dem Hungern	0·00432	0·05710	Mittel aus 2 Beobacht.
Zweiter „ „ „	0·00300	0·03731	„
Dritter „ „ „	0·00596	0·07494	„

[1] Lehmann und Zuntz, *Arch. f. pathol. Anat.* Bd. CXXXI. Suppl., S. 92 folg. 1893.

Die pro Minute ausgeführte Arbeit variirte zwischen 266 und 367 Kilogrammmeter. Bei allen Versuchen arbeitete Breithaupt am Apparate einige Minuten vor dem Beginn der Probenahme, damit die Nachwirkung der vorangegangenen Arbeitsminuten sich zu dem Gaswechsel der zur Probenahme benutzten Minuten addiren sollte und denselben annähernd um den Werth erhöhte, welcher der Nachwirkung dieser Arbeit entsprach.

In Bezug auf die Nachwirkung geben Zuntz und Lehmann an, dass dieselbe bei normaler Ernährung schon nach 7 Minuten vollständig vorübergegangen ist, dass sie aber während der späteren Hungertage beträchtlich länger dauert, so dass z. B. der Sauerstoffverbrauch am sechsten Hungertage $13^1/_2$ Minuten nach Schluss der Arbeit noch um 31 Procent des Ruhewerthes gesteigert war.

Aus der Tabelle geht ferner hervor, dass die Kohlensäureabgabe für dieselbe Arbeit beim Hungern grösser ist, als bei normaler Ernährung. Jedoch ist am dritten Tage nach dem Hungern die Steigerung der Kohlensäureabgabe durch die Arbeit grösser, als jeder der früheren Werthe.[1]

§ 2. Eigene Versuche über die Kohlensäureabgabe bei der Muskelarbeit.

Unsere eigenen Beobachtungen über die Kohlensäureabgabe bei der Muskelarbeit beziehen sich theils auf den horizontalen Gang und auf Klettern an einer Leiter — also eine hauptsächlich mit den unteren Extremitäten ausgeführte Arbeit — theils auf Arbeit am Ergostaten Gärtner's oder an Fick's Dynamometer, d. h. eine Arbeit mit den oberen Extremitäten und dem Rücken.

Alle Versuche geschahen nach dem folgenden Schema.

Nachdem wir zuerst an unseren Versuchspersonen Versuche über die stündlichen Variationen der Kohlensäureabgabe bei möglichst vollständiger körperlicher Ruhe ausgeführt und dabei uns davon überzeugt hatten, dass während der Dauer von 5 Stunden nur verhältnissmässig geringe Variationen von Stunde zu Stunde vorkommen,[2] schritten wir zu den eigentlichen Versuchen über die Muskelarbeit.

Diese wurden etwa zu derselben Zeit des Tages (Vormittags) wie die Ruheversuche ausgeführt; die Versuchsperson hatte zu gewohnter

---

[1] Lehmann und Zuntz, a. a. O., S. 184—204.

[2] Vgl. oben, Abschnitt III, S. 114.

Zeit ihr Frühstück genossen und man konnte daher ziemlich überzeugt davon sein, dass ihre Kohlensäureabgabe, wenn nicht die Muskelarbeit stattgefunden hätte, im grossen Ganzen denselben Verlauf wie im Ruheversuch gezeigt hätte.

Bei den Arbeitsversuchen sass die Versuchsperson die erste Stunde ganz still. Bei den Gehversuchen wurde die zweite Stunde zum Gehen benutzt. Dabei wurden die Schritte vom Versuchsindividuum selbst gezählt, nachdem es sich gezeigt hatte, dass ein Schrittzähler, den wir zu unserer Verfügung hatten, keine zuverlässigen Resultate gab. Nach dem Gehen sass das Versuchsindividuum wieder eine Stunde (die dritte Stunde) still. Darauf kletterte das Versuchsindividuum während der vierten Stunde an einer hohen Leiter, die in der Respirationskammer stand. Das Versuchsindividuum zählte hierbei selbst die Zahl der Stufen, welche es während des Versuches erkletterte. Die Leiter hatte 12 Stufen. Die verticale Entfernung von der obersten Stufe bis zu dem Boden betrug 2·62 m. Die verticale Höhe jeder Stufe war also 0·218 m. Die Leiter war ziemlich steil: ihre Neigung gegen den Boden betrug etwa 64°. Während der fünften Stunde des Versuches sass die Versuchsperson wieder ganz still.

Bei den Versuchen am Ergostaten sass die Versuchsperson wie in den Gehversuchen während der 1., 3. und 5. Stunde ganz still, und arbeitete die 2. und 4. Stunde am Ergostaten.

Durch die Einschaltung der Arbeitsperioden zwischen je zwei gleich lange Ruheperioden erhielten wir bei jedem Arbeitsversuche für die stündliche Kohlensäureabgabe bei Ruhe 3 Werthe, zwischen welche die Bestimmungen der Kohlensäureabgabe während der Arbeit fielen. Durch einen Vergleich des Verlaufes der Kohlensäureabgabe während der drei Ruhestunden mit demjenigen, welchen die Kohlensäureabgabe bei den reinen Ruheversuchen zeigte, konnte man auch einen Ausdruck für die Grösse der Nachwirkung nach der Arbeit erhalten.

Bei unseren Versuchen hatten die Versuchsindividuen Gelegenheit, sich vollständig frei zu bewegen und die Arbeit brauchte nicht, wie bei den meisten früheren Versuchen, auf einige wenige Minuten beschränkt zu werden, sondern konnte eine ganze Stunde dauern.

A. Arbeitsversuche mit den unteren Extremitäten.

Versuch XLIV. 13. Februar 1894.

F. A. W., Fabrikarbeiter, geb. 19. Juli 1861 (siehe Versuch XLIII). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 62·62 kg, nach dem Versuch 61·90 kg. Die 2. Stunde ging F. A. W. 5508 Schritte im Zimmer, die 4. Stunde kletterte er 126 mal die ganze Leiter hinauf und herab. Die dabei ausgeführte Arbeit (ohne das Herabsteigen) betrug 126 × 2·62 × 62·26 = 20553 Kilogrammmeter. 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
10h 15′ Vorm.		289·7	292·3	3·4	0·520 0·516	0·516			735
	3·20						8·0	29	
11h 15′ „		289·7	292·2	5·3	0·680 0·672	0·671			736
	3·31						18·4	67	
12h 15′ Nachm.		289·7	292·1	5·9	1·036 1·040	1·030			737
	3·34						5·8	21	
1h 15′ „		289·7	292·0	6·1	1·128 1·136	1·123			739
	3·35						35·8	131	
2h 15′ „		289·7	292·0	7·7	1·828 1·840	1·815			740
	3·34						8·2	30	
3h 15′ „		289·7	291·5	8·1	1·952 1·952	1·931			741

Versuch XLVI. 17. Februar 1894.

F. A. W., Fabrikarbeiter (s. Versuch XLIV). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 62·85 kg, nach dem Versuch 62·30 kg. Die 2. Stunde ging F. A. W. 5182 Schritte im Zimmer; die 4. Stunde kletterte er 101 mal die ganze Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit (ohne das Herabsteigen) betrug 101 × 2·62 × 62·58 = 16560 Kilogrammmeter. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

11h Vorm.		289·8	292·9	4·2	0·504	0·501			767
	3·39						5·3	19	
12h Mittags		289·8	292·6	5·0	0·600 0·604	0·598			767
	3·50						16·5	60	
1h Nachm.		289·8	292·0	5·7	0·920 0·908	0·907			767
	3·47						5·9	22	
2h „		289·9	291·2	6·0	1·012 1·008	1·002			767
	3·46						25·5	93	
3h „		289·9	290·8	7·0	1·480 1·488	1·470			767
	3·48						6·6	24	
4h „		289·9	290·3	6·8	1·572	1·558			767

Versuch XXXIV. 18. Januar 1894.

., **Laboratoriumsdiener** (s. Vers. XXXII). Körpergewicht mit Kleidern vor dem **such 78·20 kg**, nach dem Versuch 77·73 kg. Die 2. Stunde ging G. J. im Zimmer; **Anzahl der Schritte** kann nicht angegeben werden, weil der Schrittzähler keine **erlässigen Angaben** machte. Die 4. Stunde kletterte G. J. 118 mal 7 Stufen an der **ter hinauf und herab**. Die geleistete mechanische Arbeit betrug $118 \times 7 \times 0{\cdot}218 \times 7{\cdot}97 = 14040$ Kilogrammmeter. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respirationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO_2	
	cbm			mm					
11h Vorm.		290·2	293·3	6·9	0·500 I. 0·500 II.	0·495			748
	4·62						9·7	36	
12h Mittags		290·2	293·4	6·9	0·688 I. 0·684 II.	0·680			748
	4·61						13·3	49	
1h Nachm.		290·2	293·3	6·9	0·932 I. 0·940 II.	0·927			748
	4·66						9·2	34	
2h „		290·2	293·4	7·0	1·092 I. 1·092 II.	1·082			748
	4·63						25·4	93	
3h „		290·2	293·6	8·4	1·576 I. 1·564 II.	1·552			748
	4·72						9·0	33	
4h „		290·2	293·4	8·6	1·700 I. 1·688 II.	1·674			748

Versuch XXXVII. 30. Januar 1894.

G. J., **Laboratoriumsdiener** (s. Vers. XXXIV). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·00 kg, nach dem Versuch 77·53 kg. Die 2. Stunde ging G. J. im Zimmer; die Zahl der Schritte kann wegen desselben Uebelstandes wie im Versuch XXXIV nicht angegeben werden. Die 4. Stunde kletterte er 103 mal 7 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit betrug $103 \times 7 \times 0{\cdot}218 \times 77{\cdot}77 = 12225$ Kilogrammmeter. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

11h 15′ Vorm.		290·1	290·6	5·5	0·488 I. 0·492 II.	0·486			752
	5·26						9·1	33	
12h 15′ Nachm.		290·1	291·2	5·9	0·676 I. 0·656 a. 0·644 b.	0·654			752
	5·42						14·9	55	
1h 15′ „		290·1	291·4	6·2	0·936 I. 0·934 II.	0·927			752
	5·37						8·8	32	
2h 15′ „		290·1	291·5	6·5	1·076 I. 1·076 II.	1·067			752
	5·41						22·4	82	
3h 15′ „		290·1	291·6	7·3	1·480 I. 1·480 II.	1·466			752
	5·40						9·4	35	
4h 15′ „		290·1	291·7	7·5	1·608 I. 1·604 II.	1·590			752

Versuch XXXVIII. 1. Februar 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener (s. Versuch XXXIV). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·25 kg, nach dem Versuch 77·70 kg. Die 2. Stunde ging G. J. 4321 Schritte im Zimmer; die 4. Stunde kletterte er 114 mal 7 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit betrug $114 \times 7 \times 0{\cdot}218 \times 77{\cdot}98 = 13566$ Kilogrammmeter. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
11h Vorm.		289·7	292·8	6·0	0·468 I. 0·456 II.	0·458			745
	5·27						11·3	41	
12h Mittags		289·7	292·9	6·3	0·684 I. 0·676 II.	0·674			745
	5·34						17·6	64	
1h Nachm.		289·7	292·9	6·9	1·004 I. 1·020 II.	1·003			745
	5·30						9·8	36	
2h „		289·7	292·7	7·0	1·176 I. 1·168 II.	1·161			745
	5·30						23·5	86	
3h „		289·8	292·6	8·0	1·600 I. 1·600 II.	1·583			745
	5·40						8·7	32	
4h „		289·8	292·3	8·2	1·700 I. 1·716 II.	1·688			745

Versuch XLVIII. 20. Februar 1894.

L. B., Bäcker (s. Versuch XLVII). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 70·34 kg, nach dem Versuch 69·70 kg. Während des Versuches genoss L. B. 40 g Wasser. Die 2. Stunde ging L. B. 5428 Schritte; die 4. Stunde kletterte er 170 mal 7 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit betrug $170 \times 7 \times 0{\cdot}218 \times 70{\cdot}02 = 18165$ Kilogrammmeter. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

10h Vorm.		289·3	293·0	5·0	0·460 0·452	0·453			767
	3·27						7·8	29	
11h „		289·3	292·9	5·6	0·612 0·596	0·600			767
	3·36						20·6	75	
12h Mittags		289·3	292·6	6·4	0·996 1·000	0·990			767
	3·37						8·1	30	
1h Nachm.		289·3	292·2	6·6	1·128 1·140	1·124			767
	3·35						31·2	115	
2h „		289·3	292·0	8·2	1·716 1·724	1·702			767
	3·32						8·8	32	
3h „		289·3	291·6	8·2	1·848 1·844	1·826			767

Versuch L. 26. Februar 1894.

L. B., Bäcker (s. Versuch XLVII). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 69·85 kg, nach dem Versuch 69·00 kg. Die 2. Stunde ging L. B. 5920 Schritte im Zimmer; die 4. Stunde kletterte er 185 mal 7 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit betrug 185 × 7 × 0·218 × 69·43 = 19601 Kilogrammmeter. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur in den Gasuhren	Absolute Temperatur in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille beobachtet	Kohlensäure pro Mille corrigirt	Gramm C	Gramm CO_2	Barometer
	cbm			mm					
11h Vorm.		290·0	294·1	5·6	0·484 0·476	0·476			738
	3·30						10·1	37	
12h Mittags		290·0	294·1	6·5	0·680 0·684	0·676			738
	3·21						15·8	58	
1h Nachm.		290·0	294·0	7·7	1·000 0·992	0·986			738
	3·27						13·8	51	
2h „		290·0	293·8	7·9	1·256 1·260	1·245			738
	3·28						32·0	118	
3h „		290·0	293·7	9·5	1·888 1·888	1·864			738
	3·34						8·2	30	
4h „		290·0	293·6	9·7	2·008 2·004	1·980			738

Versuch XL. 3. Februar 1894.

F., Studirender (s. Versuch XXXIX). Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 68·77 kg, nach dem Versuch 68·07 kg. Die 2. Stunde ging F. 3000 Schritte im Zimmer; die 4. Stunde kletterte er 1450 Stufen an der Leiter hinauf und herab. Die mechanische Arbeit betrug 1450 × 0·218 × 68·42 = 21627 Kilogrammmeter. Die 1., 3. und 5. Stunde Ruhe. A = 100·4.

11h 15′ Vorm.		290·2	294·0	6·1	0·448 0·444	0·442			743
	4·93						9·9	36	
12h 15′ Nachm.		290·2	293·9	6·4	0·640 0·640	0·634			743
	4·98						13·6	50	
1h 15′ „		290·2	293·4	7·0	0·904 0·892	0·890			743
	4·89						10·1	37	
2h 15′ „		290·2	293·1	7·1	1·076 1·076	1·065			743
	5·00						32·0	118	
3h 15′ „		290·2	293·1	9·0	1·692 1·680	1·666			743
	5·06						10·3	38	
4h 15′ „		290·2	292·9	9·4	1·832 1·824	1·805			743

Während der Ruhestunden, zwischen welchen die Arbeitsstunden eingeschaltet sind, bietet die Kohlensäureabgabe nur unerheblich grössere Variationen als bei den reinen Ruheversuchen dar. Wir können hieraus schliessen, dass die Nachwirkung einer Muskelarbeit von 1 Stunde Dauer so gering sei, dass sie sich während der folgenden Stunde nicht merkbar geltend macht.

Unter unseren Versuchen findet sich jedoch einer, der von dieser Regel eine Ausnahme bildet, nämlich Versuch L. In diesem steigt die Kohlensäureabgabe während der zweiten Versuchsstunde von 37 auf 58 g, ist aber während der dritten Stunde (Ruhe) 51 g. Wovon diese alleinstehende Nachwirkung bedingt ist, können wir nicht sagen. Sie erscheint nicht nach dem Klettern während der vierten Stunde desselben Versuches, auch nicht im Versuch XLVIII, welcher an derselben Versuchsperson ausgeführt ist.

Um einen Ausdruck dafür zu gewinnen, in welchem Umfang die Kohlensäureabgabe durch die Muskelarbeit gesteigert wird, haben wir, in Betracht der geringen oder gänzlich fehlenden Nachwirkung, welche während der Ruhestunden nachgewiesen werden konnte, als Ruhewerth der Kohlensäureabgabe das Mittel der drei Ruhestunden genommen und diesen mittleren Werth von den in den Arbeitsstunden gefundenen Werthen der Kohlensäureabgabe abgezogen. Im Versuch L, wo während der dritten Versuchsstunde eine starke Nachwirkung hervortrat, haben wir als Ausdruck der Kohlensäureabgabe in Ruhe das Mittel der ersten und der letzten Stunde genommen, und, um die ganze Zunahme der Kohlensäureabgabe, welche dem Gehen während der zweiten Versuchsstunde entspricht, zu finden, zu der während dieser Stunde hervortretenden Zunahme die während der dritten erscheinende addirt.

In dieser Weise haben wir die folgenden Ergebnisse erhalten:

Versuch	Kohlensäure pro Stunde; Gramm		
	Ruhe	Zunahme beim Gehen	Zunahme beim Klettern
XLIV. F. A. W.	27	40	104
XLVI. „	22	39	72
XXXIV. G. J.	34	15	59
XXXVII. „	33	21	53
XXXVIII. „	36	28	50
XLVIII. L. B.	30	45	84
L. „	34	41	84
XL. F.	37	13	80

Durch das Gehen hat also die stündliche Kohlensäureabgabe bei den verschiedenen Versuchen um 13 bis 45 g, und durch das Klettern um 50 bis 104 g zugenommen. Die grossen Differenzen der Zunahme sind, wie gleich nachgewiesen werden soll, in erster Linie von der verschieden grossen Arbeit bedingt, welche bei den verschiedenen Versuchen ausgeführt wurde.

Wir werden die Frage von der Quelle der Muskelkraft nicht hier näher erörtern, können jedoch nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, wie die grosse Zunahme der Kohlensäureabgabe, welche bei einer eine Stunde lang ziemlich ununterbrochen stattfindenden Arbeit hervortritt, für die Richtigkeit der Anschauung, welche in der Verbrennung stickstofffreier Nahrungsstoffe die Quelle der Muskelarbeit sieht, kräftig spricht.

Denn wenn die Muskelarbeit, wie es von einigen Forschern noch angenommen wird, auf Kosten des Eiweisses stattfände, so würde diese starke Kohlensäureabgabe eine Eiweisszersetzung von einem ausserordentlich grossen Umfange voraussetzen, wie aus der folgenden kleinen Rechnung hervorgeht.

Das Eiweiss enthält auf 1 g N 3·28 g C; im Harn findet sich für 1 g N 0·67 g C. Also muss für jedes Gramm N, welches im Harn abgegeben wird, $3·28 - 0·67 = 2·61$ g C durch die Lungen abgegeben werden. Das heisst, wenn man annimmt, dass die Muskelarbeit auf Kosten des Eiweisses stattfindet, würde man die N-Menge dieses Eiweisses durch Division der durch die Lungen abgegebenen C-Menge mit 2·61 erhalten.

Was ergiebt nun eine solche Berechnung?

Im Versuch XLIV betrug die durch Klettern bewirkte Zunahme der Kohlensäureabgabe 104 g, entsprechend $28·4$ g C $= 10·9$ g N $= 68·1$ g Eiweiss.

Wenn also die in diesem Versuch hervortretende, durch Muskelarbeit bewirkte Zunahme der Kohlensäureabgabe durch die Verbrennung des Eiweisses entstanden wäre, so hätte die Eiweisszersetzung während dieser Arbeitsstunde um 68·1 g zunehmen müssen.

Dies ist aber unmöglich.

Gegen unsere Ueberlegung konnte geltend gemacht werden, dass bei der Arbeit zweierlei Processe in den Muskeln stattfinden, nämlich erstens die mechanische Leistung und zweitens die Wärmebildung, und dass jene auf Kosten des Eiweisses, diese auf Kosten der Stickstofffreien Nahrungsstoffe geschehe. Diese Einwendung scheint uns jedoch

nicht berechtigt zu sein, bis man nachgewiesen hat, dass die beiden betreffenden Processe im Muskel vollständig unabhängig von einander verlaufen. So lange dies nicht geschehen ist, dürfen wir wohl annehmen, dass Wärmebildung und mechanische Arbeit zwei neben einander verlaufende Erscheinungen der Muskelthätigkeit sind, und wir können vor allem nicht den Satz willkürlich aufstellen, dass der Muskel durch Zersetzung der Eiweissstoffe mechanische Arbeit leistet, und durch Verbrennung der stickstofffreien Nahrungsstoffe Wärme erzeugt.

Man könnte noch fragen, warum wir bei diesen Versuchen nur die Kohlensäureabgabe und nicht auch die durch die Nieren ausgeschiedene Stickstoffmenge bestimmt haben. Wir haben dies unterlassen, weil eine derartige Bestimmung für die Frage von der Quelle der Muskelkraft vollständig belanglos gewesen wäre. Denn auch wenn wir während der Versuchsdauer und mehrere Stunden nachher den Harn gesammelt hätten, so hätte man ja gegen die Ergebnisse die oft wiederholte Bemerkung machen können, dass der aus dem bei der Arbeit zersetzten Eiweiss entstammende Stickstoff nicht am Arbeitstage, sondern am folgenden Tage oder noch später vom Körper ausgeschieden sei.

Aus unseren Versuchen haben wir die Steigerung der Kohlensäureabgabe für jeden Schritt beim horizontalen Gang und für jede Arbeitseinheit (Kilogrammmeter) beim Klettern berechnet.

Die Gehversuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Versuch	Zahl der Schritte	CO_2-Zunahme; Gramm	CO_2-Zunahme pro Schritt; Gramm	CO_2-Zunahme pro Schritt und Kilogramm; Gramm
XLIV. F. A. W.	5508	40	0·00735	0·000118
XLVI. „	5182	39	0·00743	0·000118
XXXIV. G. J.	?	15	?	?
XXXVII. „	?	21	?	?
XXXVIII. „	4321	28	0·00649	0·000083
XLVIII. L. B.	5428	45	0·00836	0·000119
L. „	5920	41	0·00700	0·000101
XL. F.	3000	13	0·00424	0·000071

Durch diese Tabelle werden die beträchtlichen Differenzen hinsichtlich der durch das Gehen hervorgerufenen Zunahme der Kohlensäureabgabe erklärt: die Zahl der Schritte ebenso wie das Körpergewicht der Versuchspersonen hat innerhalb weiter Grenzen variirt. Wird die

Kohlensäurezunahme pro Schritt und Kilogramm Körpergewicht berechnet, so stellen sich die Variationen viel geringer dar, nämlich zwischen 0·000071 und 0·000119 ^{g} CO_2.

Das Mittel pro Schritt und Kilogramm Körpergewicht ist

$$0{\cdot}000102\ ^{g}\ CO_2.$$

Die Wahrscheinlichkeitsrechnung ergiebt die folgenden Fehlergrenzen:

Mittel	= 0·000102 ^{g} CO_2
Mittlerer Fehler	= ±0·000021 ^{g} „
Wahrscheinlicher Fehler der einzelnen Beobachtung	= ±0·000014 ^{g} „
Wahrscheinlicher Fehler des Mittels . . .	= ±0·000006 ^{g} „

Für die Arbeit, welche nöthig ist, um beim Gehen 1 ^{kg} des Körpers einen Schritt in horizontaler Richtung fortzubewegen, beträgt also die Zunahme der Kohlensäureabgabe

$$\mathbf{0{\cdot}000102 \pm 0{\cdot}000006\ ^{g}.}$$

Der wahrscheinliche Fehler ist 5·88 Procent des Mittels.

Die Schrittlänge unserer Versuchsperson war

bei F. A. W.	0·680 ^{m} [1]
„ G. J.	0·714 ^{m}
„ L. B.	0·688 ^{m}
„ F.	0·640 ^{m}

Die Zunahme der Kohlensäureabgabe für die horizontale Fortbewegung von 1 ^{kg} des Körpergewichtes um 1 ^{m} beträgt also

bei F. A. W.	0·000118 : 0·680 = 0·000174 ^{g} CO_2
„ G. J. (Versuch XXXVIII)	0·000083 : 0·714 = 0·000116 ^{g} „
„ L. B. (Versuch XLVIII)	0·000119 : 0·688 = 0·000173 ^{g} „
„ „ (Versuch L) . .	0·000101 : 0·688 = 0·000147 ^{g} „
„ F.	0·000071 : 0·640 = 0·000111 ^{g} „

Das Mittel dieser Versuche ist

$$\mathbf{0{\cdot}000149\ ^{g}\ CO_2}$$

[1] Nicht direct gemessen, sondern als Mittel der Werthe für die drei anderen Versuchspersonen berechnet.

mit einem mittleren Fehler . . . . . $= \pm 0{\cdot}000030$
„ einem wahrscheinlichen Fehler der einzelnen Beobachtung . . . . . $= \pm 0{\cdot}000020$
„ einem wahrscheinlichen Fehler des Mittels . $= \pm 0{\cdot}000008$

Wir haben schon im ersten Paragraph aus den Versuchen Katzenstein's die Zunahme der Kohlensäureabgabe für die horizontale Fortbewegung von 1 ^{kg} des Körpergewichtes um 1 ^{m} berechnet. Für vier Versuchspersonen sind diese Werthe:

$0{\cdot}000174$ ^{g} CO_2
$0{\cdot}000262$ ^{g} „
$0{\cdot}000183$ ^{g} „
$0{\cdot}000157$ ^{g} „

Unser Mittelwerth ist also etwas niedriger als der kleinste Werth Katzenstein's. Sein Mittel ist $0{\cdot}000194$ ^{g} CO_2.

Die Ursache, warum unsere Werthe im Allgemeinen kleiner als diejenigen von Katzenstein sind, dürfte wesentlich darin zu suchen sein, dass unsere Versuchspersonen sich vollständig frei und unbehindert bewegten. Doch dürfen wir nicht die bedeutende Differenz vergessen, die entstehen muss, je nachdem hauptsächlich Fett oder hauptsächlich Kohlehydrate bei der Muskelarbeit verbrennen. Im ersten Falle muss natürlich die Zunahme der Kohlensäureabgabe für die Arbeitseinheit (hier die horizontale Fortbewegung eines Kilogrammes um 1 ^{m}) viel weniger als im zweiten zunehmen.

Aus diesem Gesichtspunkte möchten auch die in unseren Versuchen auftretenden individuellen Variationen theilweise ihre Erklärung finden. Hierzu kommt aber noch ein Umstand, dessen Bedeutung Katzenstein hervorgehoben hat, nämlich die verschieden grosse Muskelanstrengung, welche verschiedene Individuen beim Gehen leisten, indem einige dabei eine Menge unnütze begleitende Bewegungen ausführen, welche andere vermeiden.

Uebrigens sind die individuellen Variationen in Katzenstein's Versuchen etwas grösser als in den unsrigen. Bei Katzenstein verhält sich das Minimum der Kohlensäureabgabe pro Arbeitseinheit zum Maximum wie 100:167, bei unseren Versuchen wie 100:157.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Ergebnisse unserer Versuche beim Klettern.

Versuch	Arbeit; Kilogrammmeter	CO_2-Zunahme; Gramm	CO_2-Zunahme pro Kilogrammmeter Gramm
XLIV. F. A. W.	20553	104	0·00508
XLVI. „	16560	72	0·00432
XXXIV. G. J.	14040	59	0·00421
XXXVII. „	12225	53	0·00433
XXXVIII. „	13566	50	0·00368
XLVIII. L. B.	18165	84	0·00465
L. „	19601	84	0·00428
XL. F.	21627	80	0·00372

Mittel . . . . . = 0·00428
Mittlerer Fehler . . . . . = ±0·00046
Wahrscheinlicher Fehler der einzelnen Beobachtung = ±0·00031
Wahrscheinlicher Fehler des Mittels . . . . . = ±0·00011

Für eine äussere nützliche Arbeit von 1 Kilogrammmeter beim Klettern beträgt also die Zunahme der Kohlensäureabgabe

$$0{\cdot}00428 \pm 0{\cdot}00011 \text{ g } CO_2.$$

Der wahrscheinliche Fehler des Mittels ist hier nur 2·55 Procent des Mittelwerthes und also nicht unbedeutend kleiner als der wahrscheinliche Fehler bei den Gehversuchen am horizontalen Boden.

Auch in dieser Beziehung stimmen unsere Versuche mit denjenigen von Katzenstein überein, denn auch bei diesen variirt die Kohlensäureabgabe pro Kilogrammmeter Steigarbeit bei verschiedenen Individuen weniger, als die Kohlensäurezunahme pro Arbeitseinheit beim horizontalen Gehen. Katzenstein erklärt, wie es uns scheint, ganz richtig, dieses Verhalten in der Weise, dass beim Gange bergauf die grössere Anforderung zu einer ökonomischeren Verwerthung der Kräfte führt.[1]

Das Minimum der Kohlensäurezunahme pro Kilogrammmeter verhält sich in unseren Versuchen zum Maximum wie 100 : 138, in denjenigen Katzenstein's wie 100 : 125. Bei Katzenstein sind also die Variationen etwas kleiner als bei uns.

Dagegen findet sich hinsichtlich der absoluten Werthe für die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Kilogrammmeter zwischen Katzenstein's und unseren Versuchen eine sehr erhebliche Differenz. Diese

[1] Katzenstein, a. a. O., S. 368.

Zunahme ist bei Katzenstein im Mittel 0·00221, bei uns 0·00428 g CO_2, also fast doppelt so gross.

Diese Differenz liegt aber in der Natur der Sache. Wie aus § 1 hervorgeht, beziehen sich die Werthe Katzenstein's ausschliesslich auf die zur Hebung des Körpers beim Gehen bergauf verwendete Arbeit. Wir haben freilich unsere Bestimmungen in derselben Weise berechnet, bis jetzt aber nur diejenige Arbeit berücksichtigt, welche als äussere nützliche Arbeit hervortrat, d. h. zum Erheben des Körpers diente. Bei unseren Versuchen kommt aber noch die Arbeit hinzu, welche beim Herabsteigen geleistet wurde und in den Versuchen Katzenstein's seiner Versuchsanordnung gemäss nicht vorkam, sowie die Arbeit, welche die bei jedem Schritt stattfindenden Oscillationen des Schwerpunktes beanspruchen.

Da nun besonders das Herabsteigen jedenfalls einen gewissen Kraftaufwand erfordert, muss also der von uns berechnete Werth der einem Kilogrammmeter Arbeit entsprechenden Kohlensäurezunahme jedenfalls zu gross sein.

In Kilogrammmetern einen exacten Ausdruck für die beim Herabsteigen geleistete Arbeit zu finden, ist nicht möglich. Da aber, wie oben erwähnt, die zum Klettern benutzte Leiter sehr steil war, ist es vollkommen sicher, dass die Arbeit beim Herabsteigen ein sehr beträchtlicher Bruchtheil der beim Heraufsteigen selbst ausgeführten sein muss. Stellen wir uns vor, dass das Herabsteigen äusserst langsam stattfand, so dass durch Muskelanstrengung der Einwirkung der Schwere auf den Körper ein vollkommenes Gleichgewicht gehalten wurde, so hätte das Herabsteigen etwa dieselbe Arbeitsleistung als das Heraufsteigen beansprucht.

Nun können wir zwar nicht beweisen oder bestimmt behaupten, dass dies in unseren Versuchen der Fall gewesen; jedenfalls erhalten wir einen richtigeren Werth, wenn wir diese Annahme machen, als wenn wir nur die zum Erheben des Körpers nothwendige Arbeit berücksichtigen. Pro Kilogrammmeter würde die Kohlensäureabgabe also im Mittel um 0·00214 g zunehmen.

Zwischen diesen Werthen 0·00428 und 0·00214 g CO_2 liegt die wirkliche Zunahme der Kohlensäureabgabe, welche in unseren Versuchen der von den Muskeln thatsächlich ausgeführten Arbeit entspricht — wenn wir die zur Oscillationen des Schwerpunktes des Körpers erforderliche Arbeit nicht berücksichtigen.

Wenn wir annehmen, dass die Zunahme der Kohlensäureabgabe bei der Arbeit durch Verbrennung von Kohlehydraten entstanden ist, so entspricht 1 g Kohlenstoff (= 3·667 g Kohlensäure) in der exspirirten

Luft 9·50 grossen Wärmeeinheiten (WE). Wenn die gesammte potentielle Energie der Kohlehydrate zu mechanischer Arbeit verwandelt werden würde, so würde die Kohlensäurezunahme pro Kilogrammmeter Arbeit 0·0009081 g betragen. Die bei unseren Versuchen gefundenen Grenzwerthe sind 0·00428 und 0·00214 g CO_2. Im besten Falle würden also von der ganzen potentiellen Energie der verbrannten Kohlehydrate 42·4 Procent als mechanische Arbeit erscheinen.

Da wir jedoch in diesen Versuchen die von den Muskeln thatsächlich ausgeführte mechanische Arbeit nicht haben ermitteln können, stellten wir eine neue Versuchsreihe an, in welcher wir den Ergostaten Gärtner's als Arbeitswerkzeug benutzten.

B. Arbeitsversuche mit den oberen Extremitäten.

I. Versuche mit dem Gärtner'schen Ergostaten.

Der Gärtner'sche Ergostat besteht, wie bekannt, aus einem eisernen Rad, welches mittels einer Kurbel gedreht wird. Das Rad wird durch eine dasselbe umgebende Reihe von Holzklötzen gebremst und die Grösse des Widerstandes dadurch verändert, dass die Holzklötze mittels eines an einem Hebel angebrachten Laufgewichtes mehr oder weniger stark gegen das Rad gedrückt werden. Vor dem Beginn des Versuches müssen die Holzklötze mit Oel geschmiert werden, weil sonst die Reibung viel zu gross wird. Der Apparat trägt eine empirische Graduirung, welche in Kilogrammmetern die Arbeit angiebt, welche eine Umdrehung des Rades bei verschiedener Grösse des Widerstandes repräsentirt.

Diese Graduirung war, bei dem von uns benutzten Exemplare wenigstens, lange nicht richtig, denn die von uns selbst gemachte Graduirung gab uns ganz andere Werthe. Diese Graduirung wurde in der folgenden Weise ausgeführt.

An der Axe des Rades brachten wir eine Kurbel an, die sich ganz leicht um dieselbe bewegte, und verbanden diese Kurbel mittels einer Federwaage mit der an der Axe festgeschraubten zum Apparat gehörigen Kurbel. Wenn bei einer gewissen Belastung ein Zug an der beweglichen Kurbel ausgeübt wurde, so gab die Federwaage an, wie gross die thatsächliche Spannung im Systeme war.

Es stellte sich nun heraus — wie man dies von vornherein erwarten konnte — dass die Spannung beim Drehen sehr verschieden war, je nachdem mehr oder weniger Oel zum Schmieren der Holzklötze benutzt wurde, und dass sie im Verlauf des Drehens ununterbrochen zunahm in dem Maass, als das Oel allmählich verbraucht wurde.

Bei unseren Versuchen war der Radius des Kurbelarmes 0·380 m lang, und also der Weg einer Umdrehung $2 \times 3 \cdot 14 \times 0 \cdot 380 = 2 \cdot 386$ m; das Laufgewicht stand bei schwerer Belastung auf dem Punkte 20, bei schwacher auf dem Punkte 5 der Scala. Bei unserer Graduirung des Apparates erhielten wir nun die folgenden Werthe, wenn der Apparat vor dem Versuche geschmiert worden war:

Laufgewicht auf 20.

Umdrehung	Widerstand; Kilogramm	Arbeit pro Umdrehung; Kilogrammmeter
1—34	4·768	11·36
35—110	5·196	12·40
111—660	5·629	13·43
661—711	5·846	13·95
712—1712	6·062	14·46

Laufgewicht auf 5.

Umdrehung	Widerstand; Kilogramm	Arbeit pro Umdrehung; Kilogrammmeter
1—335	1·50	3·58
336—660	1·75	4·18
661—785	2·00	4·77
786—1360	2·25	5·37
1361—1510	2·50	5·97

Der Widerstand und die mechanische Arbeit steigen also im Verlauf eines Versuches sehr beträchtlich an. Da nun weiter der Widerstand von der zum Schmieren verwendeten Oelmenge in einem sehr hohen Grade abhängig ist, so folgt daraus, dass den mit diesem Apparate erhaltenen Werthen keine grössere Zuverlässigkeit zugesprochen werden kann.

Wir theilen jedoch, unter aller Reservation, die von uns mit diesem Apparat ausgeführten Versuche hier mit, da sie für die Frage von dem Einfluss der Muskelarbeit auf den Stoffverbrauch von einem gewissen, wenn auch verhältnissmässig geringen Interesse sind.

Versuch LIV. 21. September 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener, geb. 2. Juni 1863. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 77·5 kg, nach dem Versuch 76·85 kg. G. J. arbeitete die 2. Stunde an Gärtner's Ergostaten, fast unbelastet, und drehte das Rad 2446 mal. Die 4. Stunde war der Ergostat belastet; Zahl der Umdrehungen: 1671. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt. Die 1., 3. und 5. Stunde wurde stillsitzend zugebracht. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
11h 12′ Vorm.		290·4	291·8	6·6	0·528 0·512	0·516			763
	6·58						10·5	39	
12h 12′ Nachm.		290·4	291·8	7·0	0·716 0·708	0·706			763
	6·52						23·1	85	
1h 12′ „		290·4	292·1	7·8	1·128 1·144	1·124			763
	6·54						9·1	38	
2h 12′ „		290·5	292·1	7·9	1·264 1·256	1·247			763
	6·62						34·8	128	
3h 12′ „		290·5	292·5	9·4	1·876 1·880	1·855			763
	6·82						9·5	35	
4h 12′ „		290·6	292·4	9·4	1·960	1·936			763

Versuch LV. 25. September 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 76·88 kg, nach dem Versuch 76·32 kg. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am Ergostaten, schwer belastet, 1600 Drehungen. 4. Stunde: Arbeit am Ergostaten, leicht belastet, 1802 Drehungen. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt. A = 100·4.

10h 10′ Vorm.		289·7	289·0	6·4	0·480 0·448	0·460			763
	6·61						9·7	35	
11h 10′ „		289·7	289·4	6·7	0·636 0·644	0·634			761
	6·67						36·1	132	
12h 10′ Nachm.		289·7	290·2	8·0	1·316 1·308	1·298			761
	6·71						9·1	34	
1h 10′ „		289·7	290·2	8·2	1·416 1·432	1·409			762
	6·83						24·5	90	
2h 10′ „		289·7	290·6	8·7	1·828 1·820	1·803			762
	6·85						9·0	33	
3h 10′ „		289·7	290·6	8·9	1·896 1·904	1·878			762

Versuch LVI. 26. September 1894.

L. B., Bäcker, geb. 16. Mai 1868. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 66·4 kg, nach dem Versuch 66·3 kg. Genoss während des Versuches 395 g Wasser. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am Ergostaten bei leichter Belastung, 1760 Umdrehungen. 4. Stunde: Arbeit am Ergostaten bei schwerer Belastung, 1151 Umdrehungen. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
11h 30′ Vorm.	6·82	289·6	289·9	8·5[1]	0·840	0·830	6·1	22	760
12h 30′ Nachm.	6·82	289·6	290·0	8·5[1]	0·924 0·924	0·914	24·5	90	760
1h 30′ „	6·81	289·6	290·5	8·5[1]	1·360 1·356	1·343	7·5	28	760
2h 30′ „	6·86	289·6	290·5	8·5[1]	1·436 1·436	1·420	25·2	93	760
3h 30′ „	6·91	289·6	290·6	8·5[1]	1·852 1·868	1·839	9·4	35	760
4h 30′ „		289·6	290·6	8·5[1]	1·940	1·918			760

Versuch LVII. 27. September 1894.

L. B., Bäcker. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 68·22 kg, nach dem Versuch 67·90 kg. Genoss während des Versuches 825 g Wasser. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am schwer belasteten Ergostaten, 1673 Umdrehungen. 4. Stunde: Arbeit am leicht belasteten Ergostaten, 1793 Umdrehungen. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt. A = 100·4.

10h 15′ Vorm.	6·76	289·5	287·9	6·3	0·400 0·400	0·397	10·2	37	755
11h 16′ „	6·60	289·5	288·3	7·2	0·592 0·592	0·587	37·3	137	755
12h 16′ Nachm.	6·70	289·5	288·8	8·6	1·308 1·288 1·300	1·283	8·7	32	755
1h 16′ „	6·70	289·5	288·8	8·7	1·400 1·408	1·388	20·3	75	755
2h 16′ „	6·70	289·5	288·8	8·9	1·724 1·732	1·708	8·6	32	755
3h 16′ „		289·5	288·8	8·9	1·800 1·796	1·777			755

[1] Der Feuchtigkeitsdruck wurde bei diesem Versuch nicht beobachtet sondern ist hier nur geschätzt.

Versuch LVIII. 29. September 1894.

E. T., Stud. med., geb. 25. Juli 1873. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 77·30 kg, nach dem Versuch 76·97 kg. Genoss während des Versuches 140 g Wasser. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am Ergostaten, leicht belastet, 1615 Umdrehungen. 4. Stunde: Arbeit am Ergostaten, schwer belastet, 1200 Umdrehungen. Die Arbeit wurde in sitzender Stellung ausgeführt. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur in den Gasuhren	Absolute Temperatur in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille beobachtet	Kohlensäure pro Mille corrigirt	Gramm C	Gramm CO_2	Barometer
10h 35′ Vorm.		289·8	290·4	8·0	0·472 0·476	0·469			767
	6·82						9·3	34	
11h 35′ „		289·8	290·6	8·3	0·640 0·644	0·635			767
	7·04						26·4	97	
12h 35′ Nachm.		289·8	291·2	8·9	1·128 1·124	1·113			766
	7·07						8·3	30	
1h 35′ „		289·9	291·3	9·1	1·236 1·224	1·215			766
	7·10						28·4	103	
2h 35′ „		289·9	291·6	9·9	1·720 1·712	1·694			766
	7·12						8·7	32	
3h 35′ „		289·9	291·6	10·1	1·796 1·780	1·765			766

Versuch LIX. 2. October 1894.

O. O. Ä., Stud. med., 24 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 72·00 kg, nach dem Versuch 71·55 kg. Genoss während des Versuches 405 g Wasser. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am schwer belasteten Ergostaten, 2000 Umdrehungen. 4. Stunde: Arbeit am leicht belasteten Ergostaten, 1500 Umdrehungen. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt. A = 100·4.

10h 18′ Vorm.		—	—	—	—[1]	—			—
	—						—	—	
11h 20′ „		290·9	290·7	7·8	0·636 0·636	0·630			772
	6·84						46·0	169	
12h 20′ Nachm.		290·9	291·5	9·7	1·504 1·488	1·477			772
	6·90						8·9	33	
1h 20′ „		290·9	291·7	10·2	1·592 1·588	1·569			772
	6·93						21·1	77	
2h 20′ „		290·9	291·7	10·9	1·912 1·912	1·885			770
	6·94						8·3	30	
3h 20′ „		290·9	291·7	10·9	1·964 1·968	1·938			770

[1] Die Analyse der Luft um 10h 18′ Vorm. ist misslungen.

Versuch LX. 3. October 1894.

C. W. E., Stud. med., 24 Jahre alt. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 73·10 kg, nach dem Versuch 72·67 kg. Genoss während des Versuches 110 g Wasser. 1., 3. und 5. Stunde ruhend. 2. Stunde: Arbeit am leicht belasteten Ergostaten, 1917 Umdrehungen; 4. Stunde: Arbeit am schwer belasteten Ergostaten, 1173 Umdrehungen. Die Arbeit wurde in stehender Stellung ausgeführt. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen	Absolute Temperatur		Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer	Kohlensäure pro Mille		Gramm		Barometer
		in den Gasuhren	in der Respirationskammer		beobachtet	corrigirt	C	CO_2	
	cbm			mm					
$10^h\ 30'$ Vorm.		290·9	290·1	8·2	0·396 0·400	0·394			760
	6·65						10·3	38	
$11^h\ 30'$ „		290·9	290·6	8·7	0·592 0·592	0·585			760
	6·63						29·0	106	
$12^h\ 30'$ Nachm.		290·9	291·0	8·3	1·132 1·136	1·122			760
	6·73						8·2	30	
$1^h\ 30'$ „		290·9	291·1	9·9	1·248 1·244	1·228			760
	6·87						29·9	110	
$2^h\ 30'$ „		290·9	291·4	10·9	1·764 1·768	1·741			760
	6·85						10·9	40	
$3^h\ 30'$ „		290·9	291·4	11·0	1·880	1·853			760

In den vorstehenden Versuchsprotocollen haben wir nur die Zahl der Umdrehungen und ob schwere oder leichte Belastung angegeben. In der folgenden Tabelle haben wir unter Anwendung unserer Graduirung des Apparates (vgl. S. 188) die entsprechenden Arbeitswerthe approximativ berechnet, sowie auch die Zunahme der Kohlensäureabgabe während der Arbeitsstunden aufgenommen. Diese Zunahme ist in derselben Weise wie bei Gehversuchen berechnet, indem wir von der bei einer Arbeitsstunde gefundenen Kohlensäureabgabe das Mittel für die Ruhestunden in demselben Versuch abgezogen haben.

Versuch	Zahl der Umdrehungen	Belastung	Arbeit Kilogrammmeter	Zunahme der Kohlensäureabgabe; Gramm
LIV. G. J.	2446	schwach	?[1]	49·0
	1671	stark	22101	92·0
LV. „	1600	stark	22239	98·4
	1802	schwach	9260	55·7
LVI. L. B.	1760	schwach	9009	61·7
	1151	stark	15746	64·7
LVII. „	1673	stark	23294	103·3
	1793	schwach	9206	41·0
LVIII. E. T.	1615	schwach	8144	64·6
	1200	stark	16455	70·9
LIX. O. O. Ä.	2000	stark	28023	137·1
	1500	schwach	7457	45·8
LX. C. W. E.	1917	schwach	9946	70·3
	1173	stark	15774	73·9

Wenn wir diese Zahlen in derselben Weise wie Katzenstein berechnen (vgl. S. 171), so erhalten wir die folgenden Werthe für die Zunahme der Kohlensäureabgabe für eine Umdrehung und für 1 Kilogrammmeter Arbeit.

Versuch	Zunahme der Kohlensäureabgabe; Gramm	
	für 1 Umdrehung	für 1 Kilogrammmeter Arbeit
LV.[2] G. J.	0·01298	0·003489
LVI. L. B.	0·02244	0·002469
LVII. „	0·00010	0·004425
LVIII. E. T.	0·02892	0·002201
LIX. O. O. Ä.	0·00964	0·004204
LX. C. W. E.	0·02045	0·003126

Als Mittelwerthe finden wir

für 1 Umdrehung . . . . . **0·01576** g CO_2

für 1 Kilogrammmeter Arbeit . . **0·003319** g CO_2.

[1] Bei dieser Arbeitsstunde war das Laufgewicht vom Hebel des Ergostaten ganz entfernt; für diese Lage des Laufgewichtes haben wir keine Graduirung des Apparates ausgeführt.

[2] Der Versuch LIV kann hier nicht aufgenommen werden, weil die Arbeitsgrösse bei schwacher Belastung nicht bestimmt worden ist.

Katzenstein's Werthe sind: für eine widerstandslose Umdrehung pro Kilogramm Körpergewicht eine Zunahme der Kohlensäureabgabe von 0·00028 (pro 70 kg = 0·0196 g), und für 1 Kilogrammmeter Arbeit eine von 0·00317 g. Letzterer Werth ist mit unserem Werth fast identisch. Da wir jedoch kein grosses Zutrauen zu den absoluten Arbeitsbestimmungen mittels des Ergostaten haben, wollen wir auf diese Bestimmungen nicht weiter eingehen.

II. Versuche mit einem Dynamometer nach Fick.

Da die Versuche mit dem Gärtner'schen Ergostaten also gescheitert waren, machten wir neue Versuche mit einem von Fick vorgeschlagenen Dynamometer.[1] Um den Kranz des Rades im Ergostaten wurde ein Gurt geschnallt. In eine Oese am frei herabhängenden Ende des Gurtes wurde eine starke Spiralfeder eingehängt, deren anderes Ende mittels eines Hakens am Sockel der Maschine befestigt war.

Es ist nicht möglich, dieses Rad mit einer solchen Gleichmässigkeit zu drehen, dass die Spannung immer gleich gross wäre. Im Gegentheil zeigt sie bei jeder Umdrehung gar nicht unbeträchtliche Variationen. Wir registrirten dieselben am Ludwig'schen Kymographion bei langsamem Gang mittels eines an der Feder befestigten festen Schreibhebels und ermittelten die mittlere Spannung durch planimetrische Messung der Curve. Fig. 35 stellt einen Theil einer

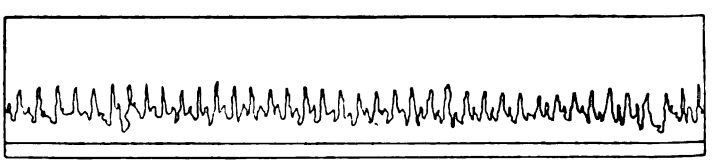


Fig. 35.

solchen Curve dar. Die Abscisse bezeichnet eine Spannung von 6·80 kg. Die einzelnen Umdrehungen sind an derselben sehr gut erkenntlich; übrigens wurden sie am Zählerwerk des Ergostaten direct abgelesen. Die Arbeit bei jeder Umdrehung ist das Product der mittleren Spannung durch den Umfang des Rades (= 0·818 m).

Diese Versuche wurden alle an einem und demselben Individuum, dem Laboratoriumsdiener G. J., ausgeführt und waren sonst im grossen Ganzen wie die früher mitgetheilten angeordnet.

---

[1] Fick, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. L, S. 189—191. 1891.

Versuch LXVIII. 24. November 1894.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·2 kg, nach dem Versuch 77·8 kg. 1. und 3. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: Arbeit am Dynamometer, 1260 Umdrehungen; 4. Stunde: 1295 Umdrehungen. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
10h 25′ Vorm.		289·3	287·8	6·6	0·440 0·436	0·434			769
	6·81						9·8	36	
11h 25′ „		289·3	288·0	7·1	0·620 0·612	0·610			769
	6·93						20·7	76	
12h 25′ Nachm.		289·3	288·5	9·9	0·988 0·996	0·979			769
	6·97						8·9	33	
1h 25′ „		289·3	288·6	10·2	1·116 1·120	1·102			771
	6·88						19·0	70	
2h 25′ „		289·3	288·6	10·5	1·432 1·420	1·406			771

Versuch LXIX. 28. November 1894.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·00 kg, nach dem Versuch 77·50 kg. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: Arbeit am Dynamometer 1603 Umdrehungen; 4. Stunde: 1652 Umdrehungen. A = 100·4.

10h 30′ Vorm.		288·6	293·1	9·0	0·392 0·380	0·381			757
	6·59						8·8	32	
11h 30′ „		288·6	292·8	10·8	0·556 0·556	0·548			757
	6·69						20·2	74	
12h 30′ Nachm.		288·6	291·9	11·2	0·940 0·936	0·924			757
	6·73						9·0	33	
1h 30′ „		288·6	291·4	11·1	1·080 1·068	1·058			757
	6·73						17·4	64	
2h 30′ „		288·6	290·9	10·8	1·368 1·360	1·345			757
	6·69						9·6	35	
3h 30′ „		288·6	290·5	10·9	1·484	1·463			757

Versuch LXX. 1. December 1894.

G. J. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: 1768 Umdrehungen am nicht belasteten Dynamometer; 4. Stunde: 1430 Umdrehungen am belasteten Dynamometer. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
10h 15′ Vorm.		288·4	288·4	7·8	0·440 0·440	0·436			760
	6·45						7·5	27	
11h 15′ „		288·4	290·4	9·0	0·576 0·580	0·571			760
	6·68						13·2	49	
12h 15′ Nachm.		288·4	291·5	9·6	0·816 0·820	0·808			760
	6·72						6·9	25	
1h 15′ „		288·4	291·3	10·0	0·920 0·920	0·908			760
	6·79						17·7	65	
2h 15′ „		288·4	290·8	10·2	1·216 1·228	1·207			760
	6·87						7·8	29	
3h 15′ „		288·4	290·0	10·0	1·312 1·316	1·297			760

Versuch LXXI. 3. December 1894.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 77·30 kg. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: Arbeit am belasteten Dynamometer, 1362 Umdrehungen; 4. Stunde: Arbeit am nicht belasteten Dynamometer, 1638 Umdrehungen. A = 100·4.

10h 35′ Vorm.		288·0	293·0	6·0	0·400 0·400	0·397			764
	6·65						8·7	32	
11h 35′ „		288·0	292·4	6·8	0·568 0·560	0·559			764
	6·73						21·2	78	
12h 35′ Nachm.		288·0	291·5	7·7	0·960 0·956	0·948			764
	6·74						7·9	29	
1h 35′ „		288·0	290·6	7·5	1·072 1·064	1·057			764
	6·79						12·2	45	
2h 35′ „		288·0	290·0	7·5	1·248 1·256	1·240			764
	6·86						6·3	23	
3h 35′ „		288·0	289·8	7·4	1·316 1·308	1·299			764

Versuch LXXII. 6. December 1894.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·2 kg. 1. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: Arbeit am belasteten Dynamometer, 1317 Umdrehungen. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
10h 45′ Vorm.		287·8	291·5	6·1	0·400 0·400	0·397			761
	6·67						9·0	33	
11h 45′ „		287·8	291·3	6·8	0·580 0·560	0·565			761
	6·67						20·3	74	
12h 45′ Nachm.		287·8	290·7	7·5	0·948 0·944	0·937			761

Versuch LXXIII. 10. December 1894.

G. J. Körpergewicht vor dem Versuch 77·84 kg. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: Arbeit am nicht belasteten Dynamometer, 2400 Umdrehungen; 4. Stunde: Arbeit am belasteten Dynamometer, 1393 Umdrehungen. A = 100·4.

10h 45′ Vorm.		287·8	293·3	6·2	0·400 0·380	0·387			764
	6·54						8·7	32	
11h 45′ „		287·8	292·7	6·8	0·560 0·548	0·549			764
	6·63						15·5	57	
12h 45′ Nachm.		287·8	291·8	7·5	0·840 0·836	0·830			764
	6·63						8·9	33	
1h 45′ „		287·8	290·9	7·6	0·980 0·972	0·966			764
	6·62						22·3	82	
2h 45′ „		287·8	290·4	8·0	1·364 1·364	1·350			764
	6·83						10·0	37	
3h 45′ „		287·9	289·9	8·0	1·488	1·472			764

Versuch LXXIV. 13. December 1894.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 78·25 kg, nach dem Versuch 77·85 kg. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. Stunde: Arbeit am nicht belasteten Dynamometer, 2214 Umdrehungen; 4. Stunde: Arbeit am belasteten Dynamometer 1263 Umdrehungen. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
10h Vorm.		288·1	294·0	7·6	0·362 0·372	0·366			758
	6·50						7·8	29	
11h „		288·1	294·1	8·2	0·520 0·520	0·514			758
	6·52						11·0	40	
12h Mittags		288·1	293·0	9·5	0·724	0·715			758
	6·73				0·808		6·4	24	
1h Nachm.		288·2	292·0	9·6	0·832	0·810			758
	6·72				0·820		16·9	62	
2h „		288·4	291·5	9·8	1·120 1·116	1·104			758
	6·74						8·3	30	
3h „		288·5	290·8	9·8	1·236 1·220	1·212			758

Versuch LXXVIII. 5. Februar 1895.

G. J. Körpergewicht mit Kleidern vor dem Versuch 79·35 kg. 1., 3. und 5. Stunde: Ruhe. 2. und 4. Stunde: Arbeit am nicht belasteten Dynamometer, 2632, bezw. 2458 Umdrehungen. A = 100·4.

10h 15′ Vorm.		288·9	294·2	2·9	0·476 0·468	0·470			768
	7·51						9·3	34	
11h 15′ „		288·8	294·0	3·4	0·640	0·637			768
	6·34						13·8	51	
12h 15′ Nachm.		288·8	292·8	4·0	0·880 0·892	0·881			768
	6·20						8·0	29	
1h 15′ „		288·9	291·6	4·3	1·012 1·000	1·000			768
	7·07						13·0	48	
2h 15′ „		288·9	291·0	4·4	1·204 1·212	1·201			768
	7·17						7·0	26	
3h 15′ „		288·9	290·1	4·5	1·280 1·280	1·273			768

Bei der Berechnung dieser Versuche sind wir etwas anders als bei derjenigen der früheren zuwege gegangen. Da es sich nämlich zeigte, dass bei einigen der hierher gehörigen Versuche die Kohlensäureabgabe während der letzten (5.) Ruhestunde grösser war, als während der zwei ersten Ruhestunden, haben wir als Ruhewerth das Mittel dieser zwei Stunden gewählt und den während der letzten Ruhestunde auftretenden Ueberschuss als Nachwirkung der Arbeit aufgefasst und also der bei der Arbeit erscheinenden Zunahme der Kohlensäureabgabe addirt.

Ferner ist es uns nicht möglich gewesen, die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro widerstandslose Umdrehung des Rades und für 1 Kilogrammmeter Arbeit in der früher nach Katzenstein geübten Weise zu berechnen, denn schon bei dem zweiten hierher gehörigen Versuche (Vers. LXIX) erhielten wir für jene einen negativen Werth. Wir haben daher die für eine widerstandslose Umdrehung stattfindende Kohlensäureabgabe direct berechnet, indem wir die bei der Arbeit am nicht belasteten Dynamometer erscheinende Zunahme der Kohlensäureabgabe durch die Zahl der Umdrehungen dividirt haben. Den solcher Art erhaltenen Werth für eine widerstandslose Umdrehung haben wir dann mit der Zahl der Umdrehungen bei belastetem Dynamometer multiplicirt und das Product von der dabei erhaltenen Kohlensäurezunahme abgezogen. Der Rest stellte dann die Kohlensäurezunahme für die Arbeit an und für sich dar.

Nicht in allen Versuchen ist aber Arbeit am nicht belasteten Dynamometer ausgeführt worden. Um auch die bei diesen Versuchen pro Kilogrammmeter Arbeit stattfindende Zunahme der Kohlensäureabgabe zu finden, haben wir aus sämmtlichen Bestimmungen der Kohlensäurezunahme pro widerstandslose Umdrehung das Mittel berechnet, und dieses Mittel in der eben beschriebenen Weise bei den betreffenden Versuchen zur Berechnung der Kohlensäurezunahme pro Kilogrammmeter Arbeit benutzt.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Arbeitswerthe und der Kohlensäurezunahme bei den erwähnten Versuchen.

Versuch	Stunde	Zahl der Umdrehungen bei nicht belastetem Dynamometer	Zahl der Umdrehungen bei belastetem Dynamometer	Arbeit; Kilogrammmeter	Zunahme der Kohlensäureabgabe; Gramm
LXVIII.	2	—	1260	7585	41·7
	4	—	1295	7170	35·3

Versuch	Stunde	Zahl der Umdrehungen bei nicht belastetem Dynamometer	Zahl der Umdrehungen bei belastetem Dynamometer	Arbeit; Kilogrammmeter	Zunahme der Kohlensäureabgabe; Gramm
LXIX.	2	—	1603	6071	41·5
	4	—	1652	7037	33·7
LXX.	2	1768	—	—	22·2
	4	—	1430	6324	40·6
LXXI.	2	—	1362	7969	49·7
	4	1638	—	—	16·6
LXXII.	2	—	1317	8175	41·2
LXXIII.	2	2400	—	—	24·5
	4	—	1393	10529	54·2
LXXIV.	2	2214	—	—	14·3
	4	—	1263	9549	40·3
LXXVIII.	2	2632	—	—	20·9
	4	2458	—	—	18·1

Die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Umdrehung am nicht belasteten Dynamometer beträgt:

Versuch	CO_2 pro Umdrehung; Gramm
LXX.	0·01256
LXXI.	0·01014
LXXIII.	0·01020
LXXIV.	0·00646
LXXVIII. I.	0·00794
„ II.	0·00736

Mittel sämmtlicher Beobachtungen	0·00911 g	CO_2
Mittlerer Fehler	±0·00226 g	„
Wahrscheinlicher Fehler der einzelnen Beobachtung	±0·00125 g	„
Wahrscheinlicher Fehler des Mittels	±0·00051 g	„

Das Mittel pro Umdrehung ist hier kleiner als bei den sub I angeführten Versuchen, welches 0·01576 g CO_2 beträgt (S. 193). Die Ursache davon liegt theils darin, dass die Umdrehungen bei den hier vorliegenden Versuchen in sitzender Stellung, bei jenen in stehender Stellung ausgeführt wurden, theils wohl auch in der Berechnungs-

weise und in der Unsicherheit, mit welcher die Bestimmung der Arbeitswerthe bei den Versuchen sub I behaftet sind.

Die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Kilogrammmeter Arbeit beträgt nach der schon besprochenen Art der Berechnung:

Nummer	Versuch	Stunde	Zunahme der CO_2-Abgabe; Gramm	Zahl der Umdrehungen	Entsprechende CO_2-Abgabe; Gramm	Arbeit; Kilogrammmeter	CO_2-Abgabe für die Arbeit; Gramm	CO_2-Abgabe pro Kilogrammmeter Arbeit
1	LXVIII.	2	41·7	1260	11·5	7585	30·2	0·00398
2	„	4	35·3	1295	11·8	7170	23·5	0·00328
3	LXIX.	2	41·5	1603	14·6	6071	26·9	0·00443
4	„	4	33·7	1652	15·1	7037	18·6	0·00264
5	LXX.	4	40·6	1430	18·0	6324	22·6	0·00357
6	LXXI.	2	49·7	1362	13·8	7969	35·9	0·00451
7	LXXII.	2	41·2	1317	12·0	8175	29·2	0·00357
8	LXXIII.	4	54·2	1393	14·2	10529	40·0	0·00380
9	LXXIV.	4	40·3	1263	8·2	9549	32·1	0·00336

Mittel pro Kilogrammmeter Arbeit	0·00368
Mittlerer Fehler	± 0·00058
Wahrscheinlicher Fehler der einzelnen Beobachtung	± 0·00039
Wahrscheinlicher Fehler des Mittels	± 0·00013

Für eine äussere nützliche Arbeit von 1 Kilogrammmeter (bei Drehen einer Maschine) beträgt also die Zunahme der Kohlensäureabgabe

$$0{\cdot}00368 \pm 0{\cdot}00013\,^{g}\ CO_2.$$

Der wahrscheinliche Fehler des Mittels ist hier 3·53 Procent des Mittelwerthes.

Da 1^{g} C aus Kohlehydraten 9·50 WE entsprechen, so ist der calorimetrische Werth von 1^{g} CO_2 aus Kohlehydraten $= 2{\cdot}591$ WE und der entsprechende Arbeitswerth 1101·2 Kilogrammmeter. Also ist das Aequivalent für 1 Kilogrammmeter Arbeit $= 0{\cdot}0009081\,^{g}$ CO_2 aus Kohlehydraten.

Wenn wir also annehmen, dass die Arbeit in unseren Versuchen auf Kosten der Kohlehydrate ausgeführt worden ist, so ergeben die Versuche, dass 24·7 Procent der Energie zur mechanischen Arbeit verwendet worden sind.

Die von früheren Autoren und von uns an Menschen gefundenen Werthe für die Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Kilogrammmeter Arbeit sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nummer	CO_2 pro Kilogrammmeter Arbeit; Gramm	Art der Arbeit	Autor
1	0·00086	?	Voit.[1]
2	0·00106	?	„ [1]
3	0·00532	Heben von Gewichten mit dem Arm.	Speck, 1866.[2]
4	0·00719	do.	„ 1871.[3]
5	0·00394—0·00493	do.	„ „ [4]
6	0·00473	Drehung mit dem Arm.	„ 1885.[5]
7	0·00571	do.	„ „ [6]
8	0·00829	Heben von Gewichten.	Hanriot u. Richet.[7]
9	0·00317	Arbeit an Gärtner's Ergostat. Mittel.	Katzenstein.[8]
10	0·00221	Steigen. Mittel.	„ [9]
11	0·00428	Klettern. Mittel aus 8 Versuchen.	Sondén u. Tigerstedt.
	[0·00214	do.]	„
12	0·00332	Arbeit an Gärtner's Ergostat. Mittel aus 8 Versuchen.	„
13	0·00368	Arbeit an Fick's Dynamometer. Mittel aus 9 Versuchen.	„

Die Werthe differiren also sehr erheblich. Wie aber Katzenstein hervorgehoben hat, sind die Zahlen von Speck wegen verschiedener Umstände, die bei Katzenstein nachzulesen sind,[10] nicht dazu geeignet, das Verhältniss zwischen Arbeit und Kohlensäureabgabe festzustellen, so interessant diese Versuche sonst in mehreren anderen Hinsichten sind. Wir können daher von denselben hier absehen.

---

[1] Voit, *Handbuch d. Physiol.* Bd. VI, 1, S. 202. 1881.

[2] Speck, *Physiologie des menschlichen Athmens.* Leipzig 1892. S. 63.

[3] Speck, *ibid.* S. 66—68. [4] Speck, *ibid.* S. 66—68.

[5] Speck, *ibid.* S. 69 folg. [6] Speck, *ibid.* S. 80.

[7] Hanriot und Richet, *Comptes rend. de l'académie des sciences.* Bd. CV, S. 78. 1887.

[8] Katzenstein, a. a. O. S. 359, 360. Die Kohlensäureabgabe von uns berechnet.

[9] Katzenstein, a. a. O. S. 367, 368. Die Kohlensäureabgabe von uns berechnet.

[10] Katzenstein, a. a. O. S. 346, 350 folg.

Voit's Versuche sind ausserordentlich merkwürdig wegen der sehr geringen Zunahme der Kohlensäureabgabe pro Kilogrammmeter Arbeit, die dort hervortritt. Da 1 Kilogrammmeter Arbeit 0·0009081 g CO_2 aus Kohlehydraten und 0·000702 g CO_2 aus Fett entspricht, muss die Arbeit hier wesentlich auf Kosten des Fettes ausgeführt gewesen sein. Und dabei stellt sich heraus, dass 81·6 bezw. 66·2 Procent der Energie des Fettes als mechanische Arbeit hervorgetreten ist. Nur stehen diese Versuche ganz vereinzelt da und Voit hat leider, unseres Wissens, nie Näheres über diese Versuche mitgetheilt, wir wissen sogar nicht, welcher Art diese Arbeit war und in welcher Weise die absolute Arbeitsgrösse bestimmt wurde.

Im Gegensatz hierzu ist die Kohlensäurezunahme pro Kilogrammmeter bei den Versuchen von Hanriot und Richet eine sehr beträchtliche. Der Nutzeffect beträgt nur 11 Procent der Energie der Kohlehydrate. Wie Katzenstein glauben auch wir, dass die dynamische Arbeit des Hebens von Gewichten wahrscheinlich bei diesen Forschern ebenso wie bei Speck zu niedrig angesetzt worden ist, da ja ein mehr oder minder grosser Theil statischer Arbeit, die stets mitgeleistet wird, nicht berechnet werden kann.

Es bleiben also die Bestimmungen von Katzenstein und uns.

Aus schon hervorgehobenen Gründen glauben wir, dass der Werth 0·00428 g CO_2 für 1 Kilogrammmeter Arbeit beim Klettern viel zu gross ist und dass etwa die Hälfte davon, 0·00214 g CO_2, dem wirklichen Thatbestand beträchtlich näher kommt (vgl. S. 186). Dieser Werth stimmt aber mit dem von Katzenstein beim Steigen gefundenen, 0·00221 g CO_2, ausserordentlich gut überein.

Für 1 Kilogrammmeter Arbeit beim Drehen an Gärtner's Ergostat hat Katzenstein als Mittel 0·00317, wir 0·00332. Auch diese Werthe zeigen eine sehr gute Uebereinstimmung.

Gegen dieselben kann jedoch ganz bestimmt geltend gemacht werden, dass der Ergostat lange nicht erlaubt, die absolute Arbeitsgrösse mit genügender Genauigkeit zu bestimmen und diese Werthe sind daher mit einem gewissen Fehler behaftet.

Die Grösse dieses Fehlers kann allerdings nicht bestimmt angegeben werden. Bei unserer letzten Versuchsreihe aber, wo die Arbeit an Fick's Dynamometer ausgeführt wurde und genau berechnet werden konnte, ist die CO_2-Abgabe pro Kilogrammmeter Arbeit = 0·00368 g, und differirt also nicht besonders viel von den mittels des Ergostaten gefundenen Werthen, 0·00317 bezw. 0·00332. Wir können daher mit einer gewissen Berechtigung sagen, dass der Fehler bei den Versuchen am Ergostaten wahrscheinlich nicht viel grösser als etwa 10 Procent ist.

Da nun die Bestimmung der Arbeitsgrösse bei unseren Versuchen an Fick's Dynamometer am genauesten ist, da weiter die Anordnung der Versuche an und für sich kein Hinderniss für die normale Athmung u. s. w. des Versuchsindividuums erzeugte, und da endlich die ausgeführte Arbeit nicht übermässig gross war, so glauben wir den aus diesen Versuchen hervorgegangenen Werth zur Zeit als den genauesten Ausdruck für die Kohlensäurezunahme bei Dreharbeit mit den oberen Extremitäten hervorheben zu können.

Endlich wollen wir nicht unterlassen zu bemerken, dass sich bei unseren Versuchen wie bei denen von Katzenstein die Arbeit mit den unteren Extremitäten viel öconomischer als die mit den oberen Extremitäten ausgeführte gestaltet hat.

§. 3. Schlussfolgerungen.

Die Versuche dieses Abschnittes haben hauptsächlich Folgendes ergeben:

1. Die durch Muskelarbeit bewirkte Zunahme der Kohlensäureabgabe ist so gross, dass es nicht gut möglich sein kann, dass die Arbeit auf Kosten des Eiweisses stattfindet.

2. Für die Arbeit, welche nöthig ist, um beim Gehen 1^{kg} des Körpers einen Schritt in horizontaler Richtung fortzubewegen, beträgt die Zunahme der Kohlensäureabgabe $0{\cdot}000102 \pm 0{\cdot}000006$ g.

3. Die Zunahme der Kohlensäureabgabe für die horizontale Fortbewegung von 1^{kg} des Körpergewichtes um 1^{m} beträgt $0{\cdot}000149 \pm 0{\cdot}000008$ g.

4. Für eine äussere nützliche Arbeit von 1 Kilogrammmeter beim Klettern beträgt die Zunahme der Kohlensäureabgabe, wenn die Arbeit beim Herabsteigen derjenigen beim Aufsteigen gleich ist, $0{\cdot}00214 \pm 0{\cdot}00006$ g.

5. Die Ausnützung der Energie, wenn die Arbeit auf Kosten der Kohlehydrate stattfindet, beträgt dann 42·4 Procent.

6. Für eine äussere nützliche Arbeit von 1 Kilogrammmeter beim Drehen beträgt die Zunahme der Kohlensäureabgabe $0{\cdot}00368 \pm 0{\cdot}00013$ g.

7. Die Ausnützung der Energie, wenn die Arbeit auf Kosten der Kohlehydrate stattfindet, beträgt dann 24·7 Procent.

Fünfter Abschnitt.

Ueber den Gesammtstoffwechsel bei Menschen von verschiedenem Alter.

§ 1. Geschichtliche Einleitung.

Ueber den Gesammtstoffwechsel des gesunden Menschen besitzen wir allerdings eine grosse Anzahl Erfahrungen, welche sich auf Untersuchungen über die von verschiedenen Individuen genossene Kost stützen. Dagegen liegen nur wenige Untersuchungen vor, bei welchen sowohl die festen und flüssigen als die gasförmigen Ausscheidungsproducte quantitativ bestimmt worden sind.

Die einzigen hierhergehörigen Untersuchungen sind im physiologischen Laboratorium in München mit dem Pettenkofer'schen Respirationsapparat ausgeführt.

Die ersten mit demselben gewonnenen Resultate wurden im Jahre 1862 von Ranke mitgetheilt. Die Analysen sind von Pettenkofer und Voit ausgeführt, die Versuche geschahen an Ranke selbst.

Diese Versuche bezweckten in erster Linie, den Einfluss festzustellen, welchen eine verschiedenartige Kost auf den Stoffwechsel des ruhenden Menschen ausübte. Ihre Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nummer	Nahrung	N-Ausscheidung im Harn[1]	C pro 24 Stunden; Gramm	CO_2 pro 24 Stunden; Gramm
1	Erster Hungertag[2]	8·024	184·5	676·7
2	Erster Hungertag[2]	10·4	180·8	663·2
3	Zweiter Hungertag	8·62	180·9	663·6
4	Fleischkost (1832[s] Fleisch)	44·19	231·2	847·9
5	N-freie Kost	8·16	200·5	735·2
6	Gewöhnliche Kost	18·85	215·7	791·0
7	Maximale Kost	21·4	252·4	925·7[3]

Vier Jahre später veröffentlichten Pettenkofer und Voit ihre berühmte Beobachtungsreihe über den Gesammtstoffwechsel des Menschen.

[1] Als Harnstoff und Harnsäure bestimmt.

[2] Ranke genoss seine letzte Mahlzeit 19 Stunden vor dem Beginn des Versuches.

[3] Ranke, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1862. S. 311—380.

Die Versuche geschahen hauptsächlich an einer und derselben Person, einem 28jährigen Mann von 70 kg Körpergewicht. Nur bei einem einzigen Versuch wurde eine andere Versuchsperson, ein 36jähriger Mann von 53 kg Körpergewicht benutzt.

Die Versuche wurden theils bei Arbeit, theils bei Ruhe, theils bei Hunger, theils bei Zufuhr von Nahrung ausgeführt. Bei den Hungerversuchen hatte die Versuchsperson 12 Stunden vor dem Versuch ihre letzte Mahlzeit, eine Portion Beefsteak und $^1/_2$ Liter Bier, genossen. Im Versuch 2 (siehe unten), der nur eine Nacht dauerte, hatte die Versuchsperson kurz vorher Abendbrod gegessen.

Die Ergebnisse sind folgende:

Versuche über den Gesammtstoffwechsel des Menschen von Pettenkofer und Voit.

Versuchsperson	Nummer	C in der Respiration; Gramm	CO_2 in der Respiration; Gramm	N im Harn; Gramm	C im Harn; Gramm
I.	1. Hunger, Ruhe	201·3	730	12·51	8·25
	2. do. (eine Nacht) . . .	98·1	360	—	—
	3. do.	189·5	695	12·27	8·05
	4. Hunger, Arbeit	323·9	1187	11·76	9·30
	5. Mittlere Kost, Ruhe	248·6	912	17·35	12·60
	6. do. do.	257·2	943	16·32	12·60
	7. do. do.	253·7	930	17·36	12·60
	8. do. Arbeit	350·2	1285	17·26	12·40
	9. do. do.	309·2	1134	17·41	12·60
	10. Eiweissreiche Kost, Ruhe	273·6	1003	26·04	17·40
	11. do. do.	283·1	1038	32·82	22·00
	12. N-freie Kost, Ruhe	228·8	839	12·93	8·80
	13. do. do. (12 Stunden) .	142·4	522	—	—
	14.	254·3	932	18·10	12·00
II.	15. Mittlere Kost, Ruhe	189·0	695	18·03	12·70[1]

In der letzten Zeit hat Laves[2] mit dem Respirationsapparat von Hoppe-Seyler in Strassburg an einem und demselben Individuum, einem 30jährigen Mann von 66 kg Körpergewicht, zwei 24stündige Versuche über den respiratorischen Stoffwechsel bei gemischter Kost

[1] Pettenkofer und Voit, *Zeitschr. f. Biol.* Bd. II, S. 459—573. 1866.
[2] Laves, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. XIX, S. 590—602. 1894.

(der Harn wurde nicht berücksichtigt) ausgeführt. Die Ergebnisse sind folgende:

Versuch VI.[1] Kohlensäureabgabe: 344 Liter — Sauerstoffaufnahme: 409·5 Liter.

„ VII. Kohlensäureabgabe: 296 Liter — Sauerstoffaufnahme: 391 Liter.

§ 2. Eigene Untersuchungen.

Unseres Wissens liegen bis jetzt keine anderen, als die eben erwähnten Untersuchungen vor, bei welchen die Kohlensäureabgabe beim gesunden Menschen pro 24 Stunden quantitativ bestimmt worden ist. Die Anzahl von Versuchsindividuen beträgt also in Allem nur **4** — und zwar Männer von ungefähr demselben Alter.

Unsere eigenen Untersuchungen sind noch nicht sehr umfassend, sie erstrecken sich nur auf 13 verschiedene Individuen. Es liegt auch in unserer Absicht, wenn Zeit und Kräfte es erlauben, ein reichhaltigeres Versuchsmaterial zusammenzubringen und hätten wir vielleicht auch die bis jetzt ausgeführten Versuche noch nicht veröffentlichen sollen. Wir entschliessen uns jedoch dies zu thun, theils weil wir diese Versuche für das Studium der Variationen der Kohlensäureabgabe im Verlauf des Tages nöthig hatten (siehe Abschnitt III), theils weil das bis jetzt vorliegende hierhergehörige Material an und für sich so wenig umfangreich ist, dass die geringe Vermehrung, die wir nun darbieten können, jedenfalls nicht ganz ohne Interesse sein dürfte, besonders da sich unter unseren Versuchen auch solche vorfinden, welche an 11- bis 12jährigen Kindern und an sehr alten Menschen ausgeführt worden sind.

In Bezug auf die Anordnung dieser Versuche weisen wir auf den III. Abschnitt hin. Die Versuche, welche wir hier zu erörtern haben, sind grösstentheils dort mitgetheilt. Dazu kommen noch 2 Versuche, bei welchen die Kohlensäureabgabe nicht in zweistündigen, sondern in sechsstündigen Perioden bestimmt wurde.

Wir theilen die Protocolle dieser Versuche auf Seite 208 mit.

Bei den hier zu besprechenden Versuchen haben wir also den in der Respiration abgegebenen Kohlenstoff und den im Harn ausgeschiedenen Stickstoff bestimmt. Dagegen haben wir es unterlassen, die Darmentleerungen zu analysieren, weil eine derartige Analyse kein

[1] Die Versuche I bis V dauerten nur 8 bis 10 Stunden.

Versuch LIII. 21. bis 22. Mai 1894.

G. J., Laboratoriumsdiener, geb. 2. Juni 1863. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 75·70 kg, nach dem Versuch 75·46 kg. Während des Versuches genoss die Versuchsperson Frühstück um 9 Uhr 30 Min. Vorm. (belegte Brödchen 95 g, Ei 45 g, Sahne 50 g, Zucker 30 g, Weissbrod 115 g, Kaffee 440 g) und Mittagsessen um 3 Uhr 45 Min. Nachm. (Brod 95 g, Fleisch und Kartoffeln 530 g, Kaffee 250 g, Zucker 30 g, Sahne 40 g) sowie 100 g Wasser. Ging zu Bett um 11 Uhr 30 Min. Nachm., schlief bis 5 Uhr Vorm., stand auf um 7 Uhr 50 Min. Vorm. A = 100·4.

Zeit	Durch die Gasuhren gemessenes Luftvolumen (cbm)	Absolute Temperatur: in den Gasuhren	Absolute Temperatur: in der Respirationskammer	Feuchtigkeitsdruck in der Respirationskammer (mm)	Kohlensäure pro Mille: beobachtet	Kohlensäure pro Mille: corrigirt	Gramm: C	Gramm: CO_2	Barometer
8h Nachm.		291·8	293·1	6·0	0·460 0·448	0·450			758
	16·83						49·6	182	
2h Vorm.		291·6	292·8	7·1	1·360 1·352	1·343			760
	15·46						39·7	146	
8h Nachm.		291·4	294·6	8·6	1·936 1·940	1·916			762
	15·59						58·4	214	
2h „		291·4	293·4	9·0	2·804 2·796	2·767			762
	15·18						52·9	194	
8h „		291·4	292·5	8·7	3·440 3·440	3·401			764

Versuch LII. 9. bis 10. Mai 1894.

John S., Arzt, geb. 18. April 1863. Körpergewicht ohne Kleider vor dem Versuch 55·01 kg, nach dem Versuch 54·96 kg. Während des Versuches genoss die Versuchsperson Abendbrod um 9 Uhr 30 Min. Nachm. (belegte Brödchen 140 g, Weissbrod 22 g, Zucker 32 g, Thee 650 g), Frühstück (belegte Brödchen 120 g, Eier 77 g), Mittagsessen (Braten mit Kartoffeln 285 g, Preisselbeeren 56 g, Confituren 144 g, Brod 153 g) sowie 510 g Wasser. Ging zu Bett um 12 Uhr Nachts, stand auf um 9 Uhr Vorm. A = 100·4.

7h Nachm.		290·8	292·4	6·6	0·444 0·436	0·436			760
	18·20						48·5	178	
1h Vorm.		291·0	292·6	8·0	1·316 1·316	1·302			760
	18·49						37·6	138	
7h „		291·0	295·6	8·8	1·848 1·840	1·823			763
	18·73						47·8	175	
1h Nachm.		291·2	295·0	10·4	2·468 2·480	2·440			762
	17·77						55·2	202	
7h „		291·7	294·6	10·7	3·148 3·152	3·106			762

grösseres Interesse hat, wenn man nicht auch die genossene Nahrung analysirt und die derselben entsprechenden Fäces genau abgrenzt.

Die C-Menge im Harn haben wir aus dem Stickstoff nach der Relation $N:C = 1:0{\cdot}67$ berechnet.[1]

Wir stellen zuerst unsere Versuche nach dem Alter der Versuchspersonen geordnet in der folgenden Tabelle zusammen.

Die C- und N-Abgabe während 24 Stunden bei Menschen von verschiedenem Alter.

Versuch	Geburtsjahr und Tag	Körpergewicht; Kilogramm	CO_2 in der ausgeathmeten Luft; Gramm	C; Gramm: in der ausgeathmeten Luft	C; Gramm: im Harn berechnet	C; Gramm: Summa	N im Harn; Gramm	Bemerkungen
XXIX. K. T.	1882 17./X.	32·05	630	171·9	9·3	181·2	13·94[2]	Gew. Kost
XXX. L. K.	1882 6./I.	38·30	641	174·9	10·7	185·6	15·92[3]	do.
XLI. T. L.	1875 13./VIII.	57·00	686	187·0	8·6	195·6	12·86	Hunger (nur Frühstück)
XXXI. A. M.	1873 9./XI.	71·18	804	219·3	14·4	233·7	21·51	Hunger
LXXVII. E. T.	1873 25./VII.	72·70	795	216·8	13·2	230·0	19·64	Gew. Kost
XLIX. T. S.	1864 5./VII.	63·00	648	176·8	10·0	186·8	14·95	Hunger
LIII. G. J.	1863 2./VI.	75·58	736	200·6	9·2	209·8	13·70[4]	Gew. Kost
LII. J. S.	1863 18./IV.	54·99	693	189·1	11·5	200·6	17·20[5]	do.
XVII. J. E. J.	1862 22./III.	69·51	794	216·5	11·9	228·4	17·79	Hunger
XLII. J. W.	1850 26./VIII.	83·51	769	209·7	12·9	222·6	19·26[6]	do.
LXXVI. Å.	1826 31./V.	66·60	634	172·9	8·5	181·4	12·63[7]	Gew. Kost
XLV. H. R.	1815 1./VIII.	59·00	633	172·7	6·6	179·3	9·81[8]	do.
LI. L.	1809 31./X.	61·31	635	173·2	6·6	179·8	9·83[9]	do.

[1] Vgl. Pflüger, *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. LI, S. 236 folg. 1891.

[2] 850 ccm Harn; Sp. Gew. = 1·023; Procent N = 1·64.

[3] 773 ccm Harn; Sp. Gew. = 1·029; Procent N = 2·06.

[4] 901 ccm Harn; Sp. Gew. = 1·025; Procent N = 1·52.

[5] 956 ccm Harn; Sp. Gew. = 1·026; Procent N = 1·80.

[6] 1041 ccm Harn; Sp. Gew. = 1·028; Procent N = 1·85.

[7] 1435 ccm Harn; Sp. Gew. = 1·020; Procent N = 0·88.

[8] Da, wie oben erwähnt, etwa 50 ccm Harn verloren gegangen sind, haben wir aus dem mittleren Procentgehalt des Harns an N die N-Menge in 50 ccm Harn (= 0·64 g N) berechnet und diese Quantität der direct gefundenen N-Menge (= 9·17 g) addirt.

[9] Bei diesem Versuche wurden Harn und Fäces gar nicht getrennt, und in Folge dessen die gesammte N-Menge im Harn und Fäces bestimmt. Die Summe

Nach Pflüger's Standardzahl für das Eiweiss (Fleisch) N:C = 1:3·28, berechnen wir zuerst die Menge des abgegebenen Kohlenstoffes, die dem Eiweiss entstammt. Der Rest kommt aus N-freien Substanzen. Aus dem Stickstoff berechnen wir wieder das Eiweiss, unter Anwendung des Coefficienten 6·25. Wir erhalten dann die in der folgenden Tabelle verzeichneten Werthe.

Der Gesammtstoffwechsel bei Menschen von verschiedenem Alter.

Nummer	Versuch	Geburtsjahr und Tag	Körpergewicht; Kilogramm	Zersetztes Eiweiss; Gramm	C aus N-freier Substanz; Gramm	Bemerkungen
1	XXIX. K. T.	1882 17./X.	32·05	87	135·5	Gewöhnl. Kost
2	XXX. L. K.	1882 6./I.	38·30	100	133·4	do.
3	XLI. T. L.	1875 13./VIII.	57·00	81	153·4	Hunger (nur Frühstück)
4	XXXI. A. M.	1873 9./XI.	71·18	134	163·1	Hunger
5	LXXVII. E. T.	1873 25./VII.	72·70	123	165·6	Gewöhnl. Kost
6	XLIX. T. S.	1864 5./VII.	63·00	93	137·8	Hunger
7	LIII. G. J.	1863 2./VI.	75·58	86	164·9	Gewöhnl. Kost
8	LII. J. S.	1863 18./IV.	54·99	108	144·2	do.
9	XVII. J. E. J.	1862 22./III.	69·51	111	170·0	Hunger
10	XLII. J. W.	1850 26./VIII.	83·51	120	159·4	do.
11	LXXVI. Å.	1826 31./V.	66·60	79	140·0	Gewöhnl. Kost
12	XLV. H. R.	1815 1./VIII.	59·00	61	147·1	do.
13	LI. L.	1809 31./X.	61·30	61	147·6	do.

Wir besitzen leider keine bestimmten Gründe, um zu entscheiden, wie der aus N-freien Substanzen entstammende Kohlenstoff auf Fett und Kohlehydrate vertheilt gewesen ist. Mit Kenntniss von der Lebensweise unserer Versuchspersonen können wir jedoch mit aller Bestimmtheit behaupten, dass ein nicht unbeträchtlicher Theil dieses Kohlenstoffes aus Fett entstammt.

Die calorische Berechnung von Fett und Kohlenstoff ergiebt, dass 1 g Kohlenstoff aus Fett einen Verbrennungswerth von 12·31 WE, und

beträgt 10·83 g; um einen mit den übrigen Versuchen vergleichbaren Werth zu erhalten, haben wir für die Fäces 1·00 g N abgezogen und den Rest 9·83 als Harnstickstoff angenommen.

1 g Kohlenstoff aus Kohlehydraten einen solchen von 9·50 WE hat.[1] Die Differenz ist etwa 30 Procent.

Es ist daher sehr wichtig zu wissen, wie viel Fett und wie viel Kohlehydrate im Körper zu Grunde gegangen sind.

Hultgren's und Landergren's Untersuchungen über die Ernährung bei frei gewählter Kost haben ergeben, dass bei den ökonomisch glücklicher gestellten Classen der Gesellschaft das Verhältniss zwischen Fett und Kohlehydraten in der Kost im Mittel wie 100:270 ist.[2] Wir glauben, dass wir der Wahrheit am nächsten kommen, wenn wir annehmen, dass bei unseren Versuchspersonen — welche wohl unter etwa denselben Ernährungsbedingungen wie die Versuchspersonen Hultgren's und Landergren's lebten — die zersetzte N-freie Substanz in derselben Proportion 100:270 auf Fett und Kohlehydrate vertheilt war. Die Vertheilung des Kohlenstoffes auf Fett und Kohlehydrate würde sich da wie rund 100:150 verhalten.

Unter dieser Voraussetzung erhalten wir die folgende

Vertheilung der Elemente der Ausgaben auf die verschiedenen organischen Nahrungsstoffe.

Nummer	Versuch	N; Gramm	C aus Fett; Gramm	C aus Kohlehydraten; Gramm
1	XXIX.	13·94	54·2	81·3
2	XXX.	15·92	53·4	80·0
3	XLI.	12·86	61·4	92·0
4	XXXI.	21·51	65·2	97·9
5	LXXVII.	19·64	66·2	99·4
6	XLIX.	14·95	55·1	82·7
7	LIII.	13·70	66·0	98·9
8	LII.	17·20	57·7	86·5
9	XVII.	17·79	68·0	102·0
10	XLII.	19·26	63·8	95·6
11	LXXVI.	12·63	56·0	84·0
12	XLV.	9·81	58·8	88·3
13	LI.	9·83	59·0	88·6

Diesen Zahlen entsprechen die folgenden Mengen von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten.[3]

[1] Rubner, *Zeitschr. f. Biol.* 1885. Bd. XXI, S. 363.

[2] Hultgren und Landergren, *Hygiea Festband.* 1889. Nr. 11, S. 18. Auch in *Mittheilungen aus dem physiol. Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.* 1889. Heft 6.

[3] Unter Anwendung der Relationen C : Fett = 1 : 1·307, C : Kohlehydrate = 1 : 2·317.

Der Gesammtstoffwechsel bei Menschen von verschiedenem Alter.

Nummer	Versuch	Zersetztes Eiweiss; Gramm	Zersetztes Fett; Gramm	Zersetzte Kohlehydrate Gramm
1	XXIX. K. T.	87	71	188
2	XXX. L. K.	100	70	185
3	XLI. T. L.	81	80	213
4	XXXI. A. M.	134	85	227
5	LXXVII. E. T.	123	87	230
6	XLIX. T. S.	93	72	192
7	LIII. G. J.	86	86	229
8	LII. J. S.	108	75	200
9	XVII. J. E. J.	111	89	236
10	XLII. J. W.	120	83	222
11	LXXVI. Å.	79	73	195
12	XLV. H. R.	61	77	205
13	LI. L.	61	77	205

Angenommen, dass 1 g N im Harn 25·98 WE, 1 g C aus Fett 12·31 WE und 1 g C aus Kohlehydraten 9·50 WE entsprechen, erhalten wir aus den vorstehenden Tabellen die folgenden Zahlen für den Gesammtstoffwechsel in WE.

Der Gesammtstoffwechsel in WE bei Menschen von verschiedenem Alter.

Nummer	Versuch	WE aus Eiweiss	WE aus Fett	WE aus Kohlehydrate	Summa WE	Bemerkungen.
1	XXIX. K. T.	362	667	772	1801	Gewöhnl. Kost
2	XXX. L. K.	414	657	760	1831	do.
3	XLI. T. L.	334	756	874	1964	Hunger (nur Frühstück)
4	XXXI. A. M.	559	803	930	2292	Hunger
5	LXXVII. E. T.	510	815	944	2269	Gewöhnl. Kost
6	XLIX. T. S.	389	678	786	1853	Hunger
7	LIII. G. J.	356	812	940	2108	Gewöhnl. Kost
8	LII. J. S.	447	710	822	1979	do.
9	XVII. J. E. J.	462	837	969	2268	Hunger
10	XLII. J. W.	501	785	908	2194	do.
11	LXXVI. Å.	328	689	798	1815	Gewöhnl. Kost
12	XLV. H. R.	255	724	839	1818	do.
13	LI. L.	255	726	842	1823	do.

Laut dieser Berechnung würden die verschiedenen Nahrungsstoffe in der folgenden Weise bei dem Gesammtstoffwechsel des Körpers theilnehmen.

Nummer	Versuch	Procent WE aus Eiweiss	Procent WE aus Fett	Procent WE aus Kohlehydraten	Procent WE aus Fett + Kohlehydraten
1	XXIX. K. T.	20·1	37·0	42·9	79·9
2	XXX. L. K.	22·6	35·9	41·5	77·4
3	XLI. T. L.	17·0	38·5	44·5	83·0
4	XXXI. A. M.	24·4	35·0	40·6	75·6
5	LXXVII. E. T.	22·5	35·9	41·6	77·5
6	XLIX. T. S.	21·0	36·6	42·4	79·0
7	LIII. G. J.	16·9	38·5	44·6	83·1
8	LII. J. S.	22·6	35·9	41·5	77·4
9	XVII. J. E. J.	20·4	36·9	42·7	79·6
10	XLII. J. W.	22·8	35·8	41·4	77·2
11	LXXVI. Å.	18·1	38·0	43·9	81·9
12	XLV. H. R.	14·0	39·8	46·2	86·0
13	LI. L.	14·0	39·8	46·2	86·0
Mittel aus 1—11		20·8	36·7	42·5	79·2
Das Mittel aus den Versuchen von Hultgren und Landergren ist		18·5	37·2	44·3	81·5

Gegen diese ganze Berechnung kann man jedoch einwenden, dass die Vertheilung des Kohlenstoffes auf Fett und Kohlehydrate willkürlich ist, und, vor Allem, dass der Körper beim Hunger ausser Eiweiss hauptsächlich Fett und nicht Kohlehydrate zersetzt. Hierbei muss man jedoch beachten, dass die Versuchsindividuen bei allen Hungerversuchen kurz vor dem Beginn des Versuches ihr Mittagsessen genossen hatten und dass also ein wirklicher Hungerzustand sicherlich nicht früher eingetreten ist, als mindestens schon die Hälfte des Versuchstages zu Ende gewesen ist. Und ferner ist es gar nicht möglich, dass vor dem Ende des ersten Hungertages die totale Menge der im Körper aufgespeicherten Kohlehydrate zu Grunde gegangen sei. Wenn wir also annehmen, dass aller abgegebene Kohlenstoff, der bei den Hungerversuchen aus N-freien Substanzen entstammt, vom Fett herrührt, so erhalten wir unzweifelhaft einen zu hohen Werth. Wir haben jedoch unsere Hungerversuche (einschliesslich Versuch XLI) auch unter der Annahme berechnet, dass aller abgegebene Kohlenstoff aus N-freien Substanzen vom Fett abstammt, um solcher Art den maximalen Grenz-

werth des Gesammtstoffwechsels zu erhalten. Das Ergebniss ist folgendes:

Nummer	Versuch	WE aus Eiweiss	WE aus Fett	Summe
3	XLI. T. L.	334	1889	2223
4	XXXI. A. M.	559	2008	2567
6	XLIX. T. S.	389	1696	2085
8	XVII. J. E. J.	462	2093	2555
10	XLII. J. W.	501	1963	2464

Die Differenz zwischen den also gefundenen Werthen und den nach der früheren Berechnungsweise erhaltenen beträgt für diese fünf Versuche bezw. 13·2, 12·0, 12·5, 12·7 und 12·3 Procent des kleineren Zahlenwerthes.

Da aber die nach der letzten Berechnung gefundenen Werthe entschieden zu hoch sind, kann die Differenz zwischen dem von uns früher berechneten Werthe und der thatsächlichen Grösse des Stoffwechsels nicht höher als etwa 10 Procent geschätzt werden.

Wir bemerken, dass die Unsicherheit, mit welcher unsere Ergebnisse in dieser Hinsicht behaftet sind, allen ähnlichen Versuchen, wo nicht auch der O-Verbrauch und die Wasserabgabe direct bestimmt sind, d. h. allen bis jetzt vorliegenden Versuchen über den Gesammtstoffwechsel des Menschen während 24 Stunden,[1] gemeinsam ist.

Unsere Versuche, so wenig zahlreich sie auch sind, sind jedoch die einzigen, bei welchen man während 24 Stunden die Grösse der Stickstoff- und Kohlenstoffabgabe bei Menschen von verschiedenem Alter bestimmt hat. Es bietet daher ein gewisses Interesse, zu untersuchen, wie sich der Stoffwechsel bei verschiedenem Alter in seiner Abhängigkeit vom Körpergewicht und von der Körperoberfläche gestaltet.

Die Resultate einer derartigen Berechnung sind in der Tabelle auf Seite 215 enthalten.

Wir werden diese Versuche in zwei Gruppen ordnen, je nachdem die Versuchspersonen gewöhnliche Kost erhielten oder während des Versuches fasteten.

[1] Bei den in Hoppe-Seyler's Laboratorium ausgeführten Versuchen, wo auch der Sauerstoff direct bestimmt wurde, wurde dagegen weder Wasser noch Stickstoff bestimmt.

Der Gesammtstoffwechsel in WE pro Kilogramm Körpergewicht und Quadratmeter Körperoberfläche.

Nummer	Versuch	Geburtsjahr und Tag	Körpergewicht; Kilogramm	WE pro Kilogramm	Körperoberfläche; Quadratmeter	WE pro Quadratmeter	Bemerkungen
1	XXIX. K. T.	1882 17./X.	32·05	56·2	1·296	1390·5	Gew. Kost
2	XXX. L. K	1882 6./I.	38·30	47·8	1·460	1254·1	do.
3	XLI. T. L.	1875 13./VIII.	57·00	34·4	1·903	1032·2	Hunger (nur Frühstück)
4	XXXI. A. M.	1873 9./XI.	71·18	32·2	2·207	1038·6	Hunger
5	LXXVII. E. T.	1873 25./VII.	72·70	31·2	2·238	1013·9	Gew. Kost
6	XLIX. T. S.	1864 5./VII.	63·00	29·4	1·984	934·0	Hunger
7	LIII. G. J.	1863 2./VI.	75·58	27·9	2·240	941·1	Gew. Kost
8	LII. J. S.	1863 18./IV.	54·99	36·0	1·812	1092·2	do.
9	XVII. J. E. J.	1862 22./III.	69·51	32·6	2·118	1071·0	Hunger
10	XLII. J. W.	1850 26./VIII.	83·51	26·3	2·394	916·5	do.
11	LXXVI. Å.	1826 31./V.	66·60	27·3	2·059	881·5	Gew. Kost
12	XLV. H. R.	1815 1./VIII.	59·00	30·8	1·899	957·4	do.
13	LI. L.	1809 31./X.	61·30	29·7	1·948	935·8	do.

A. Versuche bei gewöhnlicher Kost.

In Bezug auf diese Versuche müssen wir zuerst bemerken, dass wenn der in Versuch XLV stattfindende Verlust an Harn, den wir zu 50 ccm geschätzt haben (vgl. S. 156), in der That grösser gewesen wäre, dies die Folge gehabt hätte, dass der oben mitgetheilte Werth für den Gesammtstoffwechsel zu hoch und nicht zu niedrig geworden wäre. Denn 1 g N im Harn entspricht 0·67 g C im Harn. Für einen Verlust von 1 g N wird also die totale C-Menge um 0·67 g zu niedrig. Auf der anderen Seite enthält das Eiweiss pro Gramm N 3·28 g C, welches von der totalen Menge C abgezogen werden muss. Der Verlust von 1 g N bewirkt also, dass die aus N-freier Substanz entstammende C-Menge in der Respiration 3·28 − 0·27 = 2·61 g grösser wird. Nun repräsentirt aber 1 g N im Harn einen Verbrennungswerth von 25·98 WE, und 1 g C, nach der von uns angenommenen Relation (vgl. S. 211), 10·63 WE, was für 2·61 g C 27·75 WE beträgt. Die Zahl für den Gesammtstoffwechsel bei der Versuchsperson H. R. hat daher durch den betreffenden Uebelstand nicht zu klein werden können, vorausgesetzt, dass die verloren gegangene Harnmenge nicht geringer als 50 ccm gewesen ist. Ist sie aber geringer gewesen, so ist also die Zahl für den Gesammtstoffwechsel

etwas zu niedrig; auch dies bedeutet aber nicht viel, da die ganze N-Menge in 50 ccm Harn nicht mehr als 0·67 g beträgt.

Zur besseren Uebersicht stellen wir die Versuche bei gewöhnlicher Kost in der folgenden Tabelle zusammen.

Nummer	Versuch	Geburtsjahr und Tag	Körpergewicht; Kilogramm	WE pro Kilogramm	WE pro Quadratmeter	WE pro Quadratmeter Mittel
1	XXIX. K. T.	1882 17./X.	32·05	56·2	1390·5	1322·3
2	XXX. L. K.	1882 6./I.	38·30	47·8	1254·1	
5	LXXVII. E. T.	1873 25./VII.	72·70	31·2	1013·9	1015·7
7	LIII. G. J.	1863 2./VI.	75·58	27·9	941·1	
8	LII. J. S.	1863 18./IV.	54·99	36·0	1092·2	
11	LXXVI. Å.	1826 31./V.	66·60	27·3	881·5	924·9
12	XLV. H. R.	1815 1./VIII.	59·00	30·8	957·4	
13	LI. L.	1809 31./X.	61·30	29·7	935·8	

Pro Kilogramm Körpergewicht hatten die beiden Knaben einen Stoffwechsel von 56·2 bezw. 47·8, im Mittel **52·0** WE, die jungen Leute zwischen 22 und 31 Jahren bezw. 31·2, 27·9 und 36·0, im Mittel **31·7** WE, und die alten Leute über 68 Jahre bezw. 27·3, 30·8, 29·7, im Mittel **29·3** WE. Wird letzteres Mittel = 100 gesetzt, so ist der Gesammtstoffwechsel bei den Knaben = 177 und bei den jungen Leuten = 108.

Auch innerhalb der verschiedenen Altersclassen tritt der Einfluss des Körpergewichtes deutlich hervor. So finden wir unter den Versuchen an jungen Leuten zwischen 22 und 31 Jahren, dass der Gesammtstoffwechsel bei Nr. 8 mit einem Körpergewicht von nur 55 kg pro Kilogramm 36 WE beträgt, während er bei den schwereren Individuen Nr. 5 und 7 31·2 und 27·9 WE ist, und auch unter diesen hat der schwerere Mann den kleineren Stoffwechsel pro Kilogramm Körpergewicht.

Pro Quadratmeter Körperoberfläche sind die Zahlen für den Gesammtstoffwechsel bei den drei Altersgruppen im Mittel bezw. 1322·3, 1015·7, 924·9. Wird der letztere Werth = 100 gesetzt, so ist der Gesammtstoffwechsel bei den Knaben = 143 und bei den jungen Leuten = 110.

Bei den im zweiten Abschnitt mitgetheilten Versuchen fanden wir bei zweistündigen Versuchen die folgende Relation zwischen der pro Quadratmeter Körperoberfläche berechneten Kohlensäureabgabe bei Individuen von verschiedenem Alter.

Männliche Individuen (S. 79). Weibliche Individuen (S. 91).

Nummer	Alter, Jahre	CO_2 pro Stunde und Quadratmeter; Relationszahlen	Nummer	Alter, Jahre	CO_2 pro Stunde und Quadratmeter; Relationszahlen
[1	7	184]	1	7	211
2	9	210	2	9	164
4	10	198	3	11	172
6	11	193	4	12	159
7	12	186	5	13	146
9	13	194	6	14	144
10	14	187	7	15	126
11	15	165	8	15	145
12	17	170	9	17	117
13	19	153	10	30	129
14	22	131	11	40—50	142
15	25	130	12	65	100
16	34	118			
17	44	117			
18	57	100			

Das Minimum der Kohlensäureabgabe während des Schlafes ist nach den im dritten Abschnitt zusammengestellten Versuchen pro Quadratmeter Körperoberfläche (S. 150).

Nummer	Alter, Jahre	CO_2 pro 2 Stunden und 1 qm Körperoberfläche; Relationszahlen
1	11	154
2	12	150
3	18	113
4	20	121
5	22	105
6	30	106
7	32	115
8	43	98
9	69	
10	78	100
11	84	

In dem vorliegenden Abschnitt haben wir endlich für den Gesammtstoffwechsel pro Quadratmeter Körperoberfläche bei gewöhnlicher Kost die folgenden Relationszahlen gefunden:

Nummer	Alter, Jahre	WE pro 24 Stunden und 1 qm Körperoberfläche; Relationszahlen
1	11	150
2	12	136
5	22	110
7	31	102
8	31	118
11	69	
12	78	100
13	84	

Aus allen diesen Versuchen geht also mit der grössten Bestimmtheit hervor, dass das Lebensalter und ganz besonders die Zeit des Wachsthums an und für sich einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Grösse des Stoffwechsels ausübt und zwar so, dass sie pro Einheit der Körperoberfläche bei jugendlichen Individuen grösser ist als bei älteren.

Neuerdings hat Camerer den Satz ausgesprochen, dass der Nahrungsbedarf in jedem Alter im Grossen und Ganzen proportional der absoluten Grösse der Körperoberfläche ist.[1] Diesen Satz leitet er aus Beobachtungen über die von Kindern verschiedenen Alters genossene Nahrung her. Sehen wir aber nach, was seine eigenen Tabellen darthun, so werden wir finden, dass sie im Gegentheil vom zweiten Lebensjahre an mit unseren Ergebnissen ausserordentlich gut übereinstimmen, wie es aus dem folgenden Auszug aus der Tabelle XLV Camerer's hervorgeht.

Knaben.			Mädchen.		
Nr.	Alter, Jahre	WE pro Quadratmeter Körperoberfläche	Nr.	Alter, Jahre	WE pro Quadratmeter Körperoberfläche
1	5— 6	1680	1	2— 4	1470
2	7—10	1440	2	5— 7	1460
3	11—14	1250	3	8—10	1390
4	15—16	1220	4	11—14	1330
5	17—18	1200	5	15—18	930
			6	21—24	1150

[1] Camerer, *Der Stoffwechsel des Kindes.* Tübingen 1894. S. 109.

Hier findet sich nur eine einzige Ausnahme von der Regel, nämlich Mädchen Nr. 5, was aber dadurch leicht erklärlich ist, dass, wie Camerer selbst angiebt, die Nahrungszufuhr der Mädchen in diesem Alter geradezu ungenügend war.[1]

Dagegen zeigen die Energiemengen pro Quadratmeter Körperoberfläche bei Kindern im ersten Lebensjahre beträchtliche Schwankungen und überhaupt gar keinen regelmässigen Verlauf, wie aus der folgenden Zusammenstellung nach Camerer[2] ersichtlich ist.

Nummer	Alter, Wochen	WE pro Quadratmeter Körperoberfläche	Nummer	Alter, Wochen	WE pro Quadratmeter Körperoberfläche
1	$^3/_7$	800	7	14	1330
2	1	900	8	20	1270
3	2	1020	9	40	1660
4	4	1190	10	52	1810
5	7	1420	11	59	1390
6	10	1380			

Der Gesammtstoffwechsel pro Quadratmeter Körperoberfläche steigt von der Geburt bis zur 7. Woche (Nr. 1 bis 5) regelmässig von 800 bis auf 1420 WE an. Dann folgt bis zur 20. Woche incl. eine Abnahme auf 1270 WE, darnach erscheint wieder, als das Kind Kuhmilch bekommt, eine Steigerung bis zum Ende des ersten Lebensjahres (1810 WE), welche ihrerseits, bei Ernährung mit gemischter Kost, von einer Abnahme (1390 WE in der 59. Woche) gefolgt war.

Man kann ja von vornherein nicht behaupten, dass diese Variationen lauter Zufälligkeiten sind, wie schwierig auch eine befriedigende Erklärung derselben erscheint. Jedenfalls erlauben sie aber nicht die von Camerer formulirte Schlussfolgerung, dass der Nahrungsbedarf im Grossen und Ganzen der absoluten Grösse der Körperoberfläche proportional ist.

---

[1] Camerer, a. a. O., S. 68.
[2] Camerer, a. a. O., S. 108.

B. Versuche bei Hunger.

Diese Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nummer	Versuch	Geburtsjahr und Tag	Körpergewicht; Kilogramm	WE pro Kilogramm	WE pro Quadratmeter
3	XLI. T. L.	1875 13./VIII.	57·00	34·4	1032·2
4	XXXI. A. M.	1873 9./XI.	71·18	32·2	1038·6
6	XLIX. T. S.	1864 5./VII.	63·00	29·4	934·0
9	XVII. J. E. J.	1862 22./III.	69·51	32·6	1071·0
10	XLII. J. W.	1850 26./VIII.	83·51	26·3	916·5

Von diesen Versuchen muss wohl Nr. 3 (Versuch XLI) ausgeschlossen werden, weil die Versuchsperson während des Versuches Frühstück genoss. Die vier übrigen Versuche ergeben pro Kilogramm Körpergewicht im Maximum 32·2, im Minimum 26·3 WE, und pro Quadratmeter Körperoberfläche im Maximum 1038·6, im Minimum 916·5 WE.

Auch bei diesen Versuchen finden wir eine Andeutung von dem Einfluss des Lebensalters auf den Stoffwechsel. Sowohl pro Kilogramm Körpergewicht, als pro Quadratmeter Körperoberfläche nimmt in den Versuchen XXXI, XLIX und XLII der Gesammtstoffwechsel ab, und zwar so, dass sich derselbe pro Kilogramm Körpergewicht wie 122 : 111 : 100 und pro Quadratmeter Körperoberfläche wie 114 : 102 : 100 verhält.

Der Versuch XVII (Nr. 9) bildet von dieser Regel eine Ausnahme. Die Ursache davon liegt aber ziemlich klar: bei diesem Versuche war die Versuchsperson entschieden in einer bedeutend stärkeren körperlichen Bewegung, als dies bei den übrigen Versuchen der Fall war.

§ 3. Zusammenstellung unserer Ergebnisse mit früheren Beobachtungen.

Wir erlauben uns zum Schluss einen Vergleich zwischen unseren Beobachtungen und den Ergebnissen früherer Erfahrungen über den Gesammtstoffwechsel des erwachsenen Menschen zu machen.

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen über die bei frei gewählter Kost und verschieden strenger Arbeit genossene Nahrung hat der eine von uns vor einigen Jahren die folgende Tabelle ent-

worfen, in welcher die Netto-Kraftzufuhr (= dem Gesammtstoffwechsel) unter der Annahme berechnet worden ist, dass von dem Wärmewerth der eingenommenen Nahrung 90 Procent im Darme ausgenützt worden sind.

Nummer	Charakteristik	Eiweiss; Gramm	Fett; Gramm	Kohlehydrate; Gramm	Gesammte Kraftzufuhr WE	
					Brutto	Netto (10% Abzug)
1	Voit, Minimalbedarf	85	30	300	1868	1681
2	Gruppe A, Minimalbedarf	67	28	377	2064	1858
3	„ B,	84	56	399	2483	2235
4	„ I, Leichte Arbeit	88	89	512	2825	2538
5	Voit, mittlerer Arbeiter	118	56	500	3055	2749
6	Gruppe II, mittlere Arbeit	130	64	520	3257	2932
7	Voit, Soldat bei Manöver	135	80	500	3348	3013
8	Voit, Soldat im Felde	145	100	500	3575	3218
9	Gruppe III, strenge Arbeit	141	71	677	4020	3618
10	Gruppe IV, angestrengte Arbeit	167	89	774	4685	4218

Unsere Resultate betreffend den Gesammtstoffwechsel bei alten Individuen, 1815 bis 1823 WE, fallen mit den sub Nr. 1 und 2 in der vorstehenden Tabelle aufgenommenen Zahlen für den Minimalbedarf sehr nahe zusammen. Dasselbe gilt auch von der Eiweissumsetzung, 61, 61 bezw. 79, im Mittel 67 g, welche unter der Annahme, dass der Stickstoff der genossenen Nahrung mit einem Verlust von 20 Procent im Darme ausgenutzt wird, im Mittel einer Zufuhr von 84 g Eiweiss entspricht.

Alle drei alten Leute, welche sich mit grosser Liebenswürdigkeit zu unserer Disposition gestellt hatten, waren für ihr Alter sehr rüstig und in allen Hinsichten normal. Die Nahrung stand ihnen in beliebiger Quantität zur Verfügung. Die in der Tabelle sub 1 und 2 aufgenommenen Werthe für den Minimalbedarf bei alten, nicht arbeitenden Menschen gewinnen durch unsere Beobachtungen eine, wie es uns scheint, wichtige Bestätigung.

Die Werthe für den Gesammtstoffwechsel bei unseren Hungerversuchen — bezw. 1964, 2292, 1853, 2268, 2194, Mittel 2114 WE — entsprechen am nächsten der Nettokraftzufuhr bei Nr. 3 (Gruppe B) in der vorstehenden Tabelle. Während der ganzen Versuchsdauer

[1] Tigerstedt, *Grundsatser för utspisningen i allmänna anstalter.* Stockholm 1891. S. 99.

ist aber kein wirklicher Hungerzustand bei unseren Versuchspersonen eingetreten. Die Versuchsergebnisse dürfen daher als Ausdruck für den Gesammtstoffwechsel bei körperlicher Ruhe bei gut nutriirten männlichen Individuen aufgefasst werden. Bei denselben erreicht der Stoffwechsel nicht denjenigen eines mittleren Arbeiters, er sinkt aber, was bemerkenswerth genug erscheint, nicht tiefer herab, als dass er etwa dem Stoffwechsel bei zahlreichen Fabrikarbeitern, Erdarbeitern in mehreren Ländern, u. s. w. entspricht.[1]

Es ist schon früher mehrmals hervorgehoben worden, dass diese Arbeiter keinen „mittleren Arbeiter" im Sinne Voit's darstellen. Dies wird durch unsere Erfahrungen bestätigt, die ja zeigen, dass nichtarbeitende Individuen im Alter zwischen 20 und 44 Jahren beim Fasten einen etwa gleich grossen Stoffwechsel wie die betreffenden Arbeiter haben.

Die Menge des zersetzten Eiweisses hält sich bei den Hungerversuchen sehr hoch und schwankt zwischen 81 und 134 g; im Mittel beträgt sie 108 g. Wenn wir bedenken, wie die Eiweisszersetzung vor Allem von der Eiweisszufuhr abhängt, sowie dass die N-Ausscheidung im Verlauf des Hungertages im grossen Ganzen abgenommen hat, so können wir es nicht vermeiden, hierin einen Ausdruck dafür zu finden, dass unsere Versuchsindividuen bei frei gewählter Kost in der Regel ziemlich grosse Mengen von Eiweiss zu geniessen pflegen.

Der Gesammtstoffwechsel der Knaben ist, wie schon bemerkt, sehr gross, ebenso gross wie derjenige der alten Versuchspersonen und nur wenig geringer als der Gesammtstoffwechsel bei einem hungernden 30jährigen Mann (Versuch XLIX). Auch ist die Eiweisszersetzung sehr beträchtlich: 87 bezw. 100 g. Wir glauben, dass wir uns nicht irren, wenn wir auch dieses als einen Ausdruck für die kräftige Lebensthätigkeit des jungen Körpers auffassen, und hoffen einmal die Gelegenheit zu finden, dieser Frage an der Hand zahlreicherer Versuche näher treten zu können.

Die drei Erwachsenen im Alter zwischen 21 und 31 Jahren, welche während des Versuches ihre gewöhnliche Kost genossen, hatten einen Gesammtstoffwechsel von bezw. 2269, 2108 und 1979, im Mittel 2119 WE. Der Stoffwechsel war also hier im Mittel fast ebenso gross,

[1] Die Beobachtungen, welche dem sub 3 (Gruppe B) ausgeführten Mittelwerthe zu Grunde liegen, beziehen sich auf einen Maler in Leipzig (untersucht von Meinert), einen Mechaniker in München (untersucht von Forster), Seidenweber in Coventry, Handschuharbeiter in Yeovil, Weber in Derbyshire (untersucht von Simon).

wie bei den Hungerversuchen, welche ja alle an männlichen Individuen von etwa demselben Alter ausgeführt wurden. Auch die Eiweisszersetzung ist mit derjenigen in den Hungerversuchen fast identisch (im Mittel 106 g). Wir brauchen also hier nicht dasjenige zu wiederholen, was wir betreffs unserer Hungerer schon bemerkt haben.

Unser verhältnissmässig geringes Material erlaubt uns natürlich nicht, die Frage von dem thatsächlichen Bedarf des Menschen an Eiweiss eingehend zu erörtern. Wir können jedoch nicht umhin, hervorzuheben, wie auch unsere Erfahrungen dafür sprechen, dass der menschliche Körper, wenn die Gelegenheit dazu geboten wird, in der That dahin strebt, einen recht grossen Eiweissumsatz zu erreichen.

Uebrigens dürfen wir nicht unterlassen zu erwähnen, dass der aus unseren Versuchen an männlichen Individuen im Alter zwischen 20 und 44 Jahren hervorgehende Mittelwerth für die Eiweisszersetzung mit demjenigen, welchen Hultgren und Landergren bei ihrer Untersuchung über den Stoffwechsel bei frei gewählter Kost bei 6 Individuen in etwa derselben ökonomischen Stellung wie diejenige unserer Versuchspersonen mitgetheilt haben,[1] eine sehr gute Uebereinstimmung zeigt.

Bei den betreffenden Versuchen wurde der Harn während wenigstens 8 Tagen gesammelt und die dort eingehende N-Menge täglich bestimmt. Die aus der N-Menge berechnete Zersetzung von Eiweiss im Körper betrug im Mittel pro Tag

beim Versuch	I.	102 g	— Anzahl der Beobachtungstage	16
„	II.[2]	77 g	„	8
„	III.	113 g	„	10
„	IV.	120 g	„	10
„	V.	144 g	„	8
„	VI.	120 g	„	8
	Mittel	113 g		

[1] Hultgren und Landergren, a. a. O., S. 34.

[2] Dieselbe Versuchsperson wie diejenige in unserem Versuch XLIX; der betreffende Versuch wurde November 1888 ausgeführt.

Erklärung der Tafeln.

(Taf. I—V.)

Tafel I. Querdurchschnitt der Respirationskammer und des Apparatenzimmers.
„ II. Längendurchschnitt des Apparatenzimmers.
„ III. Längendurchschnitt der Respirationskammer.
„ IV. Grundplan der Respirationskammer und des Apparatenzimmers.
„ V. Fig. 1. Schema der Leitungen für die Probenahme der ausventilirten Luft.
„ „ 2. Der Apparat zur Analyse der Kohlensäure.

Bemerkungen.

1) Betreffs der Versuchsprotocolle muss noch bemerkt werden, dass da, wo die zusammengehörigen Analysen der Kohlensäure mit I und II bezeichnet sind, die eine Probe direct aus der Röhrenleitung, die andere aus dem Behälter (ϑ, s. Seite 15) genommen ist. Wenn zwei oder mehrere Analysen mit *a*, *b*, *c* oder gar nicht näher bezeichnet sind, so sind die betreffenden Proben sämmtlich aus dem Behälter genommen.

2) In den ersten zwei Bogen ist der Cubikmeter an mehreren Stellen mit **km** statt **cbm** bezeichnet worden.

Berichtigungen.

S. 107. Im Versuch XXXII sollen die CO_2-Analysen mit I, II bezeichnet werden.

S. 124. Das Körpergewicht der Versuchsperson T. S. betrug vor dem Versuch $63 \cdot 74$ kg, nach dem Versuch $62 \cdot 26$ kg.

S. 125. Das Körpergewicht der Versuchsperson J. E. J. betrug nach dem Versuch $68 \cdot 69$ kg.

Reflexe durch sensible Muskelnerven.[1]

Von

Stud. med. **Ernst Tengwall.**

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

(Hierzu Taf. VI.)

Im Jahre 1867 zeigte Asp bei einer in Ludwig's Laboratorium ausgeführten Untersuchung, dass die electrische oder mechanische Reizung des centralen Stumpfes eines durchschnittenen Muskelnerven am Kaninchen (unvergiftet oder curarisirt) reflectorische Einwirkungen auf den Blutdruck ausübte. Dabei nahm der Blutdruck in der Regel und zwar in einigen Fällen beträchtlich, in anderen nur wenig zu. Zuweilen kam auch eine Druckabnahme zum Vorschein. Die Pulsfrequenz zeigte am häufigsten eine Zunahme, jedoch trat auch eine Abnahme der Pulsfrequenz nicht selten hervor.[2]

Einigermaassen verschieden lauten die Versuchsergebnisse Kleen's. Bei mechanischer Muskelreizung von jeder beliebigen Stärke, d. h. bei mechanischer Reizung der Endapparate der sensiblen Muskelnerven, erhielt er constant eine Abnahme des Blutdruckes. Diese Drucksenkung dauerte stets nur eine ganz kurze Zeit, 10 bis 20 bis 30 Secunden, und der Blutdruck stieg wieder auf seine frühere Stärke an, ja erreichte nicht selten vorübergehend einen noch höheren Werth. Die Pulsfrequenz war im Anfang der Reizung etwas verlangsamt; dieser Retardation folgte zuweilen eine geringe Beschleunigung.[3]

[1] Der Redaction zugegangen den 3. April 1895.

[2] Asp, *Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss.*, math.-phys. Cl., 1867, S. 183 folg.

[3] Kleen, *Dieses Archiv.* 1889. Bd. I, S. 247 folg.

Auch auf andere Theile des Körpers erstrecken sich die durch sensible Muskelnerven ausgelösten Reflexerscheinungen. Im Jahre 1874 zeigte nämlich Sachs an Fröschen, deren Reflexerregbarkeit durch subcutane Einspritzung von Strychnin oder Pikrotoxin künstlich gesteigert war, dass die elektrische Reizung des zum M. sartorius verlaufenden Nerven starke Reflexe an der ganzen Körpermusculatur auslöste, sowie dass auch die durch chemische Reizung (Ammoniak) hervorgerufenen Muskelcontractionen ähnliche Reflexe hervorriefen. In diesem Falle wurden natürlich die peripheren Endapparate der sensiblen Muskelnerven durch die Muskelcontraction gereizt.[1]

Um unsere Kenntniss der durch sensible Muskelnerven vermittelten Reflexe zu erweitern, habe ich auf Anregung von Herrn Prof. Tigerstedt eine diesbezügliche Reihe von Versuchen ausgeführt, deren Ergebnisse ich in dieser Abhandlung mittheilen werde.

Als Versuchsthiere dienten ausschliesslich Kaninchen, als Reize hauptsächlich Inductionsströme; gelegentlich kamen auch mechanische Reize zur Verwendung. Nachdem ich mich durch Präparationen an der Leiche davon überzeugt hatte, dass die Muskelzweige des N. peroneus zum Unterbein nur Fasern zu den Muskeln enthielten, benutzte ich den centralen Stumpf dieser Nerven als Erreger der Reflexe. In der Nähe dieser Nerven verläuft der sensible Theil des N. peroneus zum Fuss. Um Stromesschleifen auf diesen Hautnerven zu vermeiden, hielt ich es für nothwendig, dieselben so hoch wie möglich zu exstirpiren.

Die Dauer der Reizung betrug 8 bis 20 Secunden, in der Regel variirte sie zwischen 10 und 15 Secunden.

1. Blutdrucksreflexe.

Bei den hierher gehörigen Versuchen wurden die Thiere mit Curare, Curare + Chloral, Aether oder Urethan narcotisirt, oder auch wurde der Einfluss des Grosshirns durch Exstirpation desselben ausgeschlossen. Durch die Erfahrungen von Christiani[2] ist es ja bekannt, dass Kaninchen, welchen das Grosshirn durch einen unmittelbar vor den Sehhügel gelegten Schnitt entfernt worden ist, mehrere Stunden am Leben erhalten werden können und dabei in hohem Grade leistungsfähig bleiben. Es lag daher nahe, diese Exstirpation zu verwenden, um die Einwirkung des Grosshirns bei der

[1] Sachs, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1874. S. 188 folg.
[2] Christiani, *Zur Physiologie des Gehirns.* Berlin 1885. S. 14.

Untersuchung von Reflexen auszuschliessen. Denn welches Narcoticum auch benutzt werden mag, ist es immer mit grossen Schwierigkeiten verbunden, die Narcose genau so abzustufen, dass nur das Grosshirn vom Schlafmittel beeinflusst wird, und noch schwieriger ist es, während eines lange dauernden Versuches die Narcose die ganze Zeit hindurch in genau gleicher Stärke zu unterhalten.

Durch Exstirpation des Grosshirns werden diese Schwierigkeiten vermieden. Wie die Erfahrung mich gelehrt hat, braucht man, um dem vorliegenden Zweck vollständig genügende Ergebnisse zu erhalten, den trennenden Schnitt nicht so genau, wie es für Christiani's Aufgabe nothwendig war, an die vordere Grenze des Sehhügels zu legen. Nur darf der Schnitt nicht hinter die Vierhügel fallen; wenn aber ein Theil dieses Gehirntheiles mitsammt dem Grosshirn entfernt wird, so wird die Brauchbarkeit des Versuchsthieres zum vorliegenden Zwecke dadurch nicht im geringsten herabgesetzt.

Wie schon Christiani bemerkt hat, nehmen die Thiere, wenn die trennenden Schnitte nicht genau symmetrisch liegen, eine Zwangslage ein. Dies ist auch bei meinen Versuchen der Fall gewesen, hat aber ebenso wenig wie der eben angeführte Umstand die Reflexerregbarkeit beeinflusst. Wenn man nur dem Thiere gestattet, diese Zwangslage einzuhalten, so liegt es vollkommen ruhig. Sucht man es gewaltsam daraus zu bringen, so nimmt es sofort die Zwangslage wieder ein.

Meiner Erfahrung nach ist es nicht genügend, nur den trennenden Schnitt zu legen, man muss auch den abgetrennten Hirntheil aus dem Schädel entfernen. Wenn dies unterlassen wird, stirbt das Thier innerhalb kurzer Zeit. Die Ursache davon liegt wahrscheinlich darin, dass das ergossene Blut keinen freien Abfluss hat, sondern nach dem Rückgratscanal fliesst und dabei einen Druck auf das Kopfmark ausübt, wodurch dieses allmählich seine Leistungsfähigkeit verliert. In der That habe ich bei der Section derartig operirter Thiere um das Kopfmark herum immer eine bedeutende Blutmenge gefunden.

Die Operation habe ich in der folgenden Weise ausgeführt. Nach Entfernung des Schädeldaches und ausgiebiger Eröffnung der Dura wurde ein Scalpellstiel vom hinteren Ende des Grosshirns in der Richtung von hinten oben nach vorn unten bis auf den Schädelgrund geführt, und das Grossgehirn sogleich aus der Schädelhöhle entfernt.

Wenn der Scalpellstiel gerade nach unten geführt wird, wird das Resultat, wegen der zu umfangreichen Zerstörung des Gehirns, ungünstig. Die Athmung findet dabei in Gruppen von 5 bis 6 Athemzügen statt; allmählich werden die Pausen immer länger und die Athemzüge schwächer, und innerhalb kurzer Zeit stirbt das Thier.

Bei regelrechter Führung des Scalpellstiels treten keine derartigen Störungen auf. Die in Folge der Operation entstandene Blutung steht bald von selbst, ohne jede Tamponade und ohne Bindung der Carotiden durch die Gerinnung des in die Schädelhöhle ausgetretenen Blutes. Der Blutdruck ist von normaler Höhe. 1 bis 2 Minuten nach der Operation athmen die Thiere wieder ruhig und gleichmässig (vgl. die Kurven Fig. 7 bis 9) und bleiben mehrere Stunden, jedenfalls länger als es für den Versuchszweck nöthig ist, am Leben.

Bei denjenigen Versuchen, wo Curare oder Curare + Chloral benutzt wurde, um die Thiere zu immobilisiren, wurden etwa 3 bis 4 ccm einer 0·1 procentigen Curarelösung in die V. jugularis ext. eingespritzt. Um einen gleichmässigeren Blutdruck zu erhalten, wurden bei einigen Versuchen mit Curare allein die beiden Carotiden unterbunden. Wo Aether zur Verwendung kam, athmeten die Thiere das Narcoticum aus einer kleinen, mit der Trachealcanüle verbundenen Flasche. Das Urethan wurde mittels einer Sonde in den Magensack eingeführt, und erst eine halbe Stunde darnach die operativen Eingriffe gemacht.

Sonst wurden alle Operationen — Einbindung der Trachealcanüle und der Carotiscanüle, Präparation der Muskelnerven, Blosslegung und Exstirpation des Gehirns — bei Aethernarcose ausgeführt.

Ich stelle zuerst die Versuche an vergifteten Thieren zusammen.

Wenn der oben erwähnte sensible Zweig des N. peroneus exstirpirt war, trat in Folge der Reizung der sensiblen Muskelnerven immer und ohne Ausnahme eine Druckabnahme ein.

Als Belege theile ich Fig. 1 bis 4, Taf. VI, mit. In allen diesen sowie in den folgenden Figuren giebt die untere Linie die Zeit in Secunden an; die Reizung findet während der Erhebung der Zeitlinie statt. Fig. 1: Curare + Chloral, 2 Leclanché, Rollenabstand 5 cm; Fig. 2: Curare allein, 2 Leclanché, Rollenabstand 0 cm; Fig. 3: Aether, 2 Leclanché, Rollenabstand 15 cm; Fig. 4: Urethan, 2 Leclanché, Rollenabstand 11 cm. Sämmtliche Kurven sind von rechts nach links zu lesen. Die Zeitlinie liegt in Fig. 1: 2·3 cm, in Fig. 2: 3·9 cm, in Fig. 3: 4·1 cm und in Fig. 4: 3·0 cm oberhalb der Abscisse des Manometers.

Die betreffende Drucksenkung fängt im Allgemeinen bei einem Rollenabstand von 17 bis 15 cm an (du Bois-Reymond's Schlittenapparat, 600 Windungen in der primären und 10250 Windungen in der secundären Spirale, 2 Leclanché). Ihre Grösse nimmt mit der Stromstärke bis zu einer gewissen Grenze zu. Wird diese erreicht, so vermögen sogar sehr starke Ströme keine grössere Drucksenkung hervorzurufen.

Der Blutdruck erreicht wenige Secunden nach Anfang der Reizung sein Minimum und steigt dann, trotz fortgesetzter Reizung, wieder an, so dass er schon innerhalb weniger (in der Regel 10 bis 15) Secunden, zuweilen erst nach einer geringen Steigerung, seinen früheren Werth wieder erreicht.

Die Pulsfrequenz wird von der Reizung der sensiblen Muskelnerven nur wenig beeinflusst. Bei Vergiftung mit Curare + Chloral und mit Urethan beobachtete ich eine Abnahme von 1, höchstens 2 Herzschlägen auf 10 bis 15 Secunden, oft zeigte sich aber gar keine Veränderung. Auch bei der Aethernarcose ist die Pulsfrequenz in der Regel unverändert; in einigen Fällen erschien eine geringe Verlangsamung, in anderen dagegen, besonders wenn zu gleicher Zeit die Athmung reflectorisch beeinflusst wurde, eine geringe Beschleunigung (1 bis 2 Herzschläge auf 10 Secunden).

Bei Thieren, an welchen diese constante Druckabnahme bei Reizung sensibler Muskelnerven auftrat, reizte ich ausserdem noch die sensiblen Aeste des N. peroneus an der anderen Seite des Körpers. Bei Curare + Chloral, Curare allein und Aether trat dabei in den meisten Fällen eine Drucksteigerung hervor. Bei Urethan wurde dagegen nur eine Drucksenkung erhalten.

Auch wenn der sensible Zweig des N. peroneus nicht exstirpirt war, erhielt ich sehr oft bei Reizung der sensiblen Muskelnerven eine Druckabnahme bei Curare + Chloral, Aether, und Curare allein (bei Urethan wurden die Hautnerven in allen Versuchen exstirpirt). Nicht selten trat aber statt dessen eine Drucksteigerung von wechselnder Grösse hervor. Ich glaube jedoch, dass diese Drucksteigerung nicht von den sensiblen Muskelnerven, sondern von Stromschleifen auf den in ihrer Nähe verlaufenden sensiblen Hautnerven bedingt gewesen ist. Als Stütze dieser Auffassung bemerke ich, dass die betreffende Steigerung nie erschien, wenn der Zweig des N. peroneus zum Fuss vor der Reizung exstirpirt worden war. Die Drucksteigerung scheint also von Stromschleifen auf diesen Nervenzweig bedingt zu sein, was übrigens mit der Thatsache gut übereinstimmt, dass der sensible Hautnerv eine Drucksteigerung bei denselben Thieren hervorrief, wo die Reizung der genau isolirten sensiblen Muskelnerven stets eine Druckabnahme ergab.

Bei denjenigen Versuchen, wo das Grosshirn entfernt worden war, war der sensible Hautnerv immer exstirpirt. Die Reizung der sensiblen Muskelnerven ergab constant eine Abnahme des Blutdruckes, welche mit der bei den vergifteten Thieren erscheinenden vollständig übereinstimmte (siehe Taf. VI, Fig. 5, 2 Leclanché, RA 15; die Abscisse des

Manometers liegt 2·9 cm unterhalb der Zeitlinie). Der Blutdruck sinkt nicht allzu langsam herab, beginnt dann, trotz der Reizung, wieder anzusteigen und erreicht endlich den Werth vor der Reizung oder einen noch höheren. Die Druckabnahme erscheint in der Regel erst beim Rollenabstand 15 cm und nimmt mit der Stärke der Reizung bis zu einer gewissen Grenze, welche nicht überschritten wird, zu.

Auch wenn einem solchen Thiere Curare in die V. jugularis ext. eingegossen wird, kommt die reflectorische Druckabnahme bei Reizung sensibler Muskelnerven zum Vorschein, trotzdem dass der Blutdruck schon durch das Curare und die künstliche Athmung an und für sich abnimmt.

Auch bei Reizung der sensiblen Hautnerven an solchen Thieren beobachtete ich in der Regel eine Druckabnahme. Jedoch kam auch eine nicht unbeträchtliche Drucksteigerung gelegentlich zum Vorschein (das Thier hatte Curare bekommen).

In dieser Versuchsreihe zeigte sich bei der Reizung sensibler Muskelnerven keine Veränderung oder auch eine unbedeutende Verlangsamung der Pulsfrequenz. In einem einzigen Falle habe ich eine etwas erheblichere Verlangsamung beobachtet (siehe Taf. VI, Fig. 6, RA 14·5; die Abscisse liegt 3·4 cm unterhalb der Zeitlinie).

Aus diesen Versuchen geht also hervor, dass die electrische Reizung der sensiblen Muskelnerven eine reflectorische Abnahme des Blutdruckes hervorruft. Diese Abnahme hat nur eine kurze Dauer, und innerhalb 15 Secunden hat der Blutdruck in der Regel seine frühere Höhe wieder erreicht oder ist noch höher gestiegen, um dann wieder zur normalen Höhe herabzusinken.

Die Druckabnahme ist insofern von der Stärke der Reizung bedingt, dass sie mit zunehmender Reizstärke bis zu einer gewissen Grenze (etwa 5 bis 8 cm RA bei 2 Leclanché in der primären Rolle) zunimmt. Eine noch stärkere Reizung bedingt keine stärkere Druckabnahme, hat aber auch keine Drucksteigerung zur Folge.

Die Pulsfrequenz wird durch die sensiblen Muskelnerven nur in geringem Grade beeinflusst. Oft wird sie gar nicht verändert, in einigen Fällen nimmt die Pulsfrequenz um 1 bis 2 bis höchstens 4 Schläge in 15 Secunden ab.

Diese Ergebnisse stimmen mit denjenigen, die Kleen bei mechanischer Reizung der Endapparate der betreffenden Nerven im Muskel erhalten hat, vollständig überein.

2. Muskelreflexe.

Meines Wissens sind bisher die durch sensible Muskelnerven hervorgerufenen Muskelreflexe an warmblutigen Thieren nie untersucht worden, und auch die von Sachs am Frosche beschriebenen Muskelreflexe wurden nur an Thieren beobachtet, deren Nervensystem hinsichtlich seiner Reflexerregbarkeit durch Gifte künstlich verändert worden war.

Meine Beobachtungen über die Muskelreflexe sind hauptsächlich an Thieren gemacht, an welchen in der oben beschriebenen Weise das Grosshirn entfernt worden war. Aber auch bei Thieren, welche mit Aether oder mit Urethan betäubt waren, erhielt ich bei centraler Reizung sensibler Muskelnerven ziemlich verbreitete Muskelbewegungen.

Bei denjenigen Thieren, an welchen das Grosshirn sowie der Hautzweig des N. peroneus exstirpirt worden waren, traten die Muskelreflexe ausserordentlich leicht hervor. Der Muskelnerv war bei der Reizung mittels eines Fadens erhoben und also durch die Luft vom übrigen Körper isolirt. Bei meinem ersten hierher gehörigen Versuch war die primäre Rolle des Inductoriums von einem alten Trockenelement gespeist. Bei schwingendem Hammer wurden die Inductionsschläge erst bei einem Rollenabstand von 18 cm an der Zunge gefühlt. Dessen ungeachtet erschienen beim Rollenabstand von 42 cm ziemlich starke Contractionen der Glutaealmuskeln und der Schwanz wurde etwas gehoben. Je nachdem die Stärke des Stromes erhöht wurde, traten neue Contractionen, zuerst in den Hinterbeinen, dann in den Vorderbeinen und im Allgemeinen zuerst an der gereizten Seite auf. Endlich kam eine ausgeprägte Opistotonusstellung zum Vorschein. Bei sehr starker Reizung bekam das Thier klonische Krampfzuckungen.

Unmittelbar nach einer starken Reizung konnte eine wiederholte Reizung keine Reflexe auslösen. Erst wenn das Thier sich während einiger Minuten erholt hatte, traten die Muskelreflexe wieder auf.

Auch bei mechanischer Reizung mittels einer Pincette wurden starke Muskelreflexe erhalten; ebenso bei chemischer Reizung (10 proc. NaCl-Lösung), jedoch nach einer ziemlich langen Latenzdauer.

In anderen Versuchen wurde das Inductorium von 1 Leclanché gespeist, wobei die Inductionsströme bei 27 cm Rollenabstand an der Zunge gefühlt wurden. Hier traten die ersten Muskelreflexe, Contractionen in der Glutaealgegend, beim Rollenabstand von 42 cm auf. Bei stärkerer Reizung breiteten sich die Muskelreflexe in derselben Weise wie in dem eben erwähnten Versuch aus: zuerst Contractionen der

Hinterbeine, dann der Vorderbeine und Rückwärtsbeugung des Kopfes. Bei sehr starken Strömen erschien ein tonischer Krampf. Die Thiere nahmen eine ausgesprochene Opistotonusstellung mit ausgespreizten Beinen ein. Sogleich nach Ende der Reizung hörte der Tetanus auf.

Die Dauer der Reizung war immer kurz, denn die starken Muskelreflexe machten es äusserst schwierig, den Nerv auf den Electroden zu behalten.

Mechanische Reizung rief auch in diesen Versuchen Muskelreflexe hervor.

Die sensiblen Muskelnerven sind also in einem ausserordentlich hohen Grade befähigt, Muskelreflexe auszulösen und diese Reflexe erscheinen bei Reizung der sensiblen Muskelnerven beträchtlich leichter als andere Reflexe.

Endlich versuchte ich Muskelreflexe unter alleiniger Vermittelung des Rückenmarkes zu erhalten. Zu diesem Zwecke durchtrennte ich unter Aethernarcose das Halsmark zwischen dem ersten und zweiten Wirbel und unterhielt eine künstliche Athmung. Um die unmittelbaren Shokwirkungen der eingreifenden Operation auszuschliessen, fing ich erst nach 3 Stunden mit der Reizung der sensiblen Muskelnerven an. Während dieser Zeit wurden die Thiere durch warme Flaschen vor Abkühlung geschützt.

Bei diesen Versuchen erhielt ich aber nur negative Resultate: weder schwache, noch starke Reizungen vermochten eine Spur einer Muskelcontraction auszulösen. Wie bekannt, ist das Rückenmark des Kaninchens nicht sehr leistungsfähig, und es ist also möglich, dass an einem anderen Thiere, z. B. Katze, günstigere Ergebnisse erhalten werden könnten.

3. Athemreflexe.

Die hierher gehörigen Versuche sind nur an Thieren, welchen das Grosshirn und der sensible Zweig des N. peroneus zum Fuss exstirpirt waren, ausgeführt.

In die Luftröhre wurde eine Canüle eingeführt und diese mit einer grossen Flasche verbunden. Die bei der Athmung auftretenden Volumenschwankungen der Luft in der Flasche wurden mittels eines genau aequilibrirten Spirometers geschrieben.[1]

In der Regel ergaben sämmtliche Versuche sehr übereinstimmende Resultate, welche ich im Anschluss an ein concretes Beispiel jetzt darlegen werde.

[1] Vgl. Lindhagen, *Dieses Archiv.* 1892. Bd. IV, S. 297.

Nachdem das Thier tracheotomirt worden war, wurde die Athmung geschrieben. Das Thier machte 35 Respirationen in 20 Secunden (Fig. 7; die Athmungskurven sind von links nach rechts zu lesen). Nach Blosslegung des Gehirns und den anderen Operationen, welche in Aethernarcose ausgeführt wurden, wurde die Athmung wieder registrirt (Fig. 8). Die Athemzüge sind jetzt fast doppelt so gross, wie gleich nach der Tracheotomie und zu gleicher Zeit seltener: 28 in 20 Secunden.

5 Minuten nach der Exstirpation des Grosshirns wurde die Athmung wieder geschrieben (Fig. 9). Die Athemzüge sind etwas kleiner als vor der Exstirpation (Fig 8), ihre Frequenz beträgt 27 in 20 Secunden.

Fig. 7.

Fig. 8.

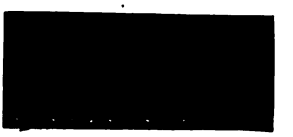


Fig. 9.

Nach Lüftung der Flasche wurde die Registrirung der Athembewegungen wieder aufgenommen, und der sensible Muskelnerv gereizt. Bei 20 und 18 cm Rollenabstand (1 Leclanché in der primären Spirale) erhielt ich gar keine Wirkung auf die Athmung.

Dem Thiere wurde jetzt eine Viertelstunde zur Erholung gegönnt, wonach der Muskelnerv beim Rollenabstand von 13 cm gereizt wurde. Nun wird die Athmung (Fig. 10) erheblich beeinflusst. Nach ein paar

Fig. 10.

kleinen Athemzügen, welche durch sehr seichte Exspirationen gekennzeichnet sind, ist die Respiration wieder gleichmässig. Die vitale Mittelstellung der Lungen ist jetzt aber tiefer, die Athemzüge kleiner und frequenter. Binnen Kurzem und zwar schon vor dem Ende der Reizung stellt sich die vitale Mittelstellung auf ihren ursprünglichen Werth wieder ein, die Zunahme der Frequenz dauert aber noch nach dem Ende der Reizung und geht nur allmählich vorüber. Während die Frequenz der Athemzüge vor der Reizung 29 in 23 Secunden

betrug, ist sie während derselben 33, und 23 Secunden nach derselben 31.

Zwei weitere Reizungen (Fig. 11, RA 14; Fig. 12, RA 15) geben ganz ähnliche Resultate. Nur stellt sich die vitale Mittelstellung der Lungen schneller als in Fig. 10 auf ihren früheren Werth ein.

Fig. 11.

Fig. 12.

Wie gesagt habe ich in einem einzigen Versuche entgegengesetzte Wirkungen bei Reizung der sensiblen Muskelnerven erhalten. Die Reizung hat hier (Fig. 13) eine ausgesprochen exspiratorische Wirkung

Fig. 13.

gehabt. Die Athemzüge sind grösser und exspiratorische Stillstände treten nicht selten auf. Bei den übrigen Versuchen bin ich nur ein paar Mal einer derartigen Erscheinung begegnet.

Wie sich die Athmung bei noch stärkerer Reizung der sensiblen Muskelnerven verhält, habe ich nicht ermitteln können, weil dabei so starke Muskelreflexe auftreten, dass die Athmungskurve dadurch ganz entstellt wird.

Die centrale Reizung der sensiblen Muskelnerven an Thieren, an welchen das Grosshirn entfernt worden ist, hat also in der Regel die folgenden Wirkungen auf die Athmung:

1. Die vitale Mittelstellung der Lungen wird vorübergehend eine tiefere und geht binnen Kurzem auf ihren früheren Werth zurück.

2. Die Grösse der Athemzüge nimmt ab.

3. Die Athmung wird beschleunigt, und die Beschleunigung dauert eine Zeit nach dem Ende der Reizung fort.

Des Vergleiches halber habe ich auch einige Versuche mit Reizung der sensiblen Hautzweige des N. peroneus ausgeführt und erhielt dabei sowohl exspiratorische als inspiratorische Wirkungen. Bei jenen trat eine Verlangsamung der Athemzüge, welche zu gleicher Zeit umfangreicher wurden, auf; oft kamen exspiratorische Stillstände zum Vorschein. Die inspiratorischen Wirkungen waren erheblich geringer als bei der Reizung der sensiblen Muskelnerven.

Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Elasticität des ruhenden Muskels.[1]

Von

A. F. Malmström.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Lund.)

Untersuchungen hierüber sind von Schmulewitsch[2] und Boudet de Paris[3] ausgeführt. Beide kamen zu dem Resultate, dass die Wärme die Elasticität des Muskels vergrössert. Auch findet Boudet, dass bei Erhöhung der Temperatur die Elasticität vollkommener wird.

Bei den Versuchen, welche ich über den Einfluss der Temperatur auf die Elasticität angestellt habe, wurde der von Herrn Prof. M. Blix construirte und in die Physiologie eingeführte sogenannte Muskelindicator angewandt. Nähere Auskunft über den Apparat und seine Arbeitsweise kann ich mir ersparen, indem ich auf die Beschreibung desselben von Blix hinweise.[4]

Fig. 1.

Eine bei den einzelnen Versuchen identische Belastungsweise des Muskels wurde folgendermassen erhalten: Senkrecht unter der Axe des Hebels ist ein Metallbügel angebracht, zwischen dessen Schenkeln ein Rahmen eingepasst ist, welcher sich um eine Axe parallel derjenigen des Hebels bewegen

[1] Der Redaction zugegangen den 10. Mai 1895.

[2] *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1870 S. 609.

[3] Thèse pour le Doctorat en Médecine par Boudet de Paris. *De L'Elasticité musculaire.* Paris 1880.

[4] *Dieses Archiv.* Bd. III, S. 399 folg.

kann. Mit der oberen Kante dieses Rahmens ist ein Stahlarm, der mit einem verstellbaren Gewichte versehen ist, fest verbunden. In dem Rahmen steckt ein um eine gegen den Hebel senkrechte Axe bewegliches Rad, an welchem noch ein Stahlarm mit einem eben so grossen Gewichte befestigt ist. Die Gewichte werden so eingestellt, dass sie sich völlig äquilibriren, wenn die Stahlarme mit einander einen Winkel von 180° bilden. Ist nun der Muskel mit dem Hebel des Indicators vereinigt und dieser mit dem Belastungssysteme, so übt in dieser Lage das System keine Spannung auf den Muskel. Das bewegliche Gewicht kann mittels einer um das Rad laufenden Schnur von einem mit constanter Geschwindigkeit rotirenden Motor herumgetrieben werden. Das Belastungsverfahren ist folgendes: Nachdem der Motor in Bewegung gesetzt ist, wird ein Anschlag, der die Umdrehung des Rades hindert, weggeräumt, dieses macht einen Umgang und wird von dem Anschlag, sobald es zur Ausgangslage zurückkommt, wieder aufgefangen. — Hierdurch ist gewonnen, dass die Belastungsprocedur bei den einzelnen Dehnungen unveränderlich dieselbe bleibt.

Die erste Aufgabe war natürlich zu ermitteln, unter welchen Bedingungen ich das Recht hatte, der Temperatur die etwaige Veränderung der Elasticitätsverhältnisse zuzuschreiben. Für diesen Zweck wurden einige Dehnungen ohne Veränderung der Temperatur ausgeführt. Es ergab sich dann, dass das Muskelpräparat — die Adductoren des Rana temporaria — nach der ersten Dehnung in der Regel seine ursprüngliche Länge nicht wieder einnahm. Wenn es nach dieser ersten Dehnung eine gewisse unveränderliche Länge angenommen — als unveränderlich habe ich sie angesehen, wenn sie sich binnen 10 Minuten nicht merklich änderte —, ist es zum zweiten Male gedehnt worden. Allmählich geht nun der Muskel nach dieser Dehnung ebenso wie nach den folgenden zu der nach der ersten Dehnung erhaltenen constanten Länge zurück. Wartet man die Zeit ab, bis der Muskel seine vorige Länge zurückerhält, so trifft ein, dass die zweite, dritte u. s. w. Dehnungscurven zusammenfallen. Wartet man dagegen diese Zeit nicht ab, dann rückt die ganze Curve nach unten. Dadurch kommt eine scheinbar grössere Verlängerung zu Stande und die Vergleichung wird erschwert. Gilt es also, den Einfluss der Temperatur zu untersuchen, so ist es klar: I. dass man sich der zweiten, dritten u. s. w. Dehnungscurve bedienen kann, aber nicht der ersten; II. dass nach jeder Dehnung der Muskel seine vorherige Länge wieder erhalten muss.

Die Versuche sind nun unter Berücksichtigung des vorher Gesagten in folgender Weise ausgeführt. Mit derselben Lage der Schreibplatte ist zuerst eine Curve, z. B. bei Abkühlung des Muskels gezeichnet

und nachher eine bei Erwärmung. Darnach ist die Schreibplatte etwas verschoben und sind zwei neue Curven geschrieben worden, aber in umgekehrter Ordnung

Auch bin ich schrittweise von höheren zu niedrigeren Temperaturen und wieder zu höheren zurückgegangen. Ist die Temperatur das einzige Variable, welches die Form der Curve verändert, so muss die erste Curve gleich der letzten sein, die zweite der nächst letzten u. s. w.

Bei anderen Versuchen ist mit einer mittleren Temperatur begonnen und, nachdem bei etwa 5° höherer sowie bei 5° niedrigerer u. s. w.

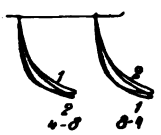


Fig. 2.

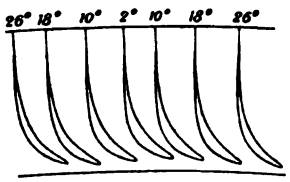


Fig. 3.

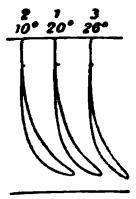


Fig. 4.

Temperatur gedehnt worden, die Schreibplatte so verschoben, dass die Curven nach steigender oder fallender Temperatur angeordnet wurden.

Betrachten wir die nach diesen Methoden erhaltenen Curven, so ergiebt sich, dass bei höherer Temperatur die Belastungs- und Entlastungscurven einander näher liegen, weniger gekrümmt sind und dass die Verlängerung eine grössere ist.

Auch die Zeit, welche vergeht, bis der Muskel seine endliche Länge erhält, ist von der Temperatur abhängig. Sie ist kleiner, je höher die Temperatur.

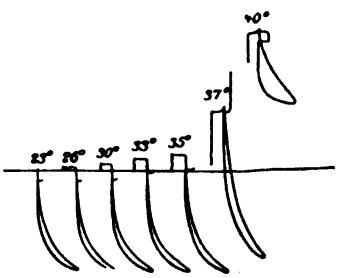


Fig. 5.

Dies gilt von Temperaturen von 2 bis etwa 25° C. Wird die Temperatur darüber erhöht, tritt ein neues Verhältniss, auf welches früher Samkowsky[1] die Aufmerksamkeit gelenkt, ein. Es findet eine Verkürzung des Muskels statt, welche grösser ist, je mehr sich die Temperatur der Coagulationstemperatur nähert.

Diese Erscheinungen stehen in strenger Uebereinstimmung mit der von Blix gegebenen Erklärung der secundären Elasticität des

[1] *Archiv f. d. g. Physiologie.* Bd. IX, S. 399.

Muskels.[1] „Die physikalischen Kräfte (des Muskels) sind Elasticität und Reibung, jene an die festen Gewebselemente des Muskels gebunden ..., diese auch an die plastischen und flüssigen Gebilde in und zwischen den Muskelröhren geknüpft."[2] Diese innere Reibung bietet eine einfache Erklärung der oben genannten Verhältnisse. Die Consistenz der meisten plastischen und flüssigen oder halbflüssigen Gebilde wird ja in der Weise von der Temperatur beeinflusst, dass sie mit Erniedrigung derselben fester wird. Wird aber die Consistenz fester, dann muss auch die innere Reibung grösser, der Widerstand gegen Deformirung erhöht, die Verlängerung vermindert und verzögert, die elastische Nachwirkung gesteigert werden.

Es giebt noch ein Verhältniss, welches dafür spricht, dass bei erhöhter Temperatur die innere Reibung eine verminderte ist. Der Verkürzungsrückstand nach den Zuckungen ist kleiner, je höher die Temperatur. Oft habe ich gesehen, dass er bei etwa 25° C. sogar Null ist.

Es liegt somit auf der Hand, dass die secundäre Elasticität des Muskels weniger hervortritt, wenn man die Temperatur desselben, in mässigen Grenzen wenigstens, erhöht. Zwischen 25° und der Coagulationsgrenze ist zwar die secundäre Elasticität unbedeutend, aber es muss die dann eintretende Verkürzung in die Rechnung aufgenommen werden.

---

[1] *Dieses Archiv.* Bd. IV, S. 392.
[2] *Ebenda.* Bd. V, S. 179.

Zur Frage: Wann der Energieumsatz bei der Muskelcontraction auch von der Spannung abhängt.[1]

Von

Magnus Blix.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Lund.)

Diese Frage taucht immer wieder auf als Gegenstand der Untersuchung und der Erläuterung. Dr. Fr. Schenck fasst sein Urtheil über die jetzige Lage der Frage in folgendem Satze zusammen:[2] „Es fehlt bis jetzt jeder Grund, die alte Lehre von dem Einfluss der Spannung auf den Contractionsprocess preiszugeben."

Später stellt Joh. Gad unter den Grundgesetzen des Energieumsatzes im thätigen Muskel fest, dass „der Umfang des ersten (zusammenziehenden) Processes gesteigert wird durch Vermehrung der Widerstände, die sich der Zusammenziehung entgegensetzen."[3]

Neulich lieferte auch J. v. Kries weitere Beiträge zur Beleuchtung dieser Frage.[4]

Vor einem Jahre suchte ich nachzuweisen, dass ein Einfluss der Spannung auf den inneren Contractionsprocess aus den Erfahrungen, welche man bis jetzt zu seiner Stütze angeführt hat, nicht unabweisbar hervorgeht, jedoch mit Ausnahme für die Resultate einiger myothermischer Untersuchungen, auf welche ich später zurückzukommen versprochen habe. Ist diese meine Auffassung richtig und die Beweiskraft der bis jetzt publicirten myothermischen Untersuchungen in dieser Hinsicht zweifelhaft, so giebt es mehr als einen Grund, eine der noch älteren Weber'schen Lehre ganz nahestehende zu umfassen, nach welcher die Spannung keinen Einfluss auf den Umsatz bei der Contraction ausübt.

[1] Der Redaction zugegangen den 15. Mai 1895.

[2] *Pflüger's Arch.* Bd. LIX, S. 409.

[3] *Archiv f. Anat. u. Physiologie.* Physiol. Abth. 1894. S. 400.

[4] *Ibid.* 1895. S. 180 u. folg.

Ein Grund liegt in der Schwierigkeit, eine plausible causale Verbindung zwischen der Spannung und dem physiologischen Contractionsprocess zu finden. Die von Gad[1] in dieser Hinsicht gemachten Vorschläge scheinen mir nicht befriedigend.

Einen anderen Grund sehe ich in dem Umstand, dass der im isolirten Muskel aufgespeicherte Energievorrath nicht stärker von einer Zuckung oder Tetanus mit hoher Spannung beansprucht wird, als von einer Zuckung oder Tetanus mit kleiner Spannung, wenigstens wenn es gestattet ist, von dem Ermüdungsgrad Schlüsse hierüber zu ziehen.[2]

Dr. Schenck wirft mir vor, dass ich nicht gezeigt habe, dass „alle Thatsachen, auf die man bisher die Annahme der Abhängigkeit des physiologischen Contractionsactes von der Spannung gegründet hat, auch ohne letztere Annahme zu deuten sind." Da hat mein sehr geehrter College ganz recht. Und doch glaube ich keine um diese Zeit gekannten Thatsachen übersehen zu haben. Unter den von Schenck erwähnten giebt es nur eine, auf welche ich Rücksicht nicht genommen habe, und zwar aus dem Grunde, dass dieses Verhältniss zu der Zeit, da meine Arbeit zum Druck befördert wurde, noch nicht beachtet war, und erst später durch Schenck's Arbeiten zu meiner Kenntniss kam.

Ich habe die bezüglichen Thatsachen nicht alle gemustert und nicht gezeigt, wie ich sie deuten will, und warum ich sie so und nicht so deuten muss. Aber ich habe gezeigt, wie träge Massen und äussere und innere Friction die Zuckungscurven deformiren können, dem sachkundigen Leser überlassend, aus der leicht deutbaren Hieroglyphenschrift meiner Curven die weiter erforderlichen Schlüsse zu ziehen.

Noch immer finde ich es weniger angemessen, wenigstens nicht ganz nothwendig, alle die Versuche im Detail zu kritisiren, auf die man bisher die „alte Lehre" gegründet hat. Dagegen will ich hier die weiteren Erläuterungen und Erklärungen, welche spätere Publicationen und neue Erfahrungen wünschenswerth machen, abgeben.

Dr. Schenck hat Versuche gemacht, welche ihn zu der ganz unanfechtbaren Schlussfolgerung geführt haben, dass „das fragliche Phänomen beim unermüdeten Muskel auf die Verschiedenheit der Ausgangslänge allein nicht zurückgeführt werden kann, sondern dass noch ausserdem eine Hemmung der Verkürzung im Spiel ist, die um so

[1] A. a. O. S. 383.
[2] *Dieses Archiv.* Bd. V, S. 170.
[3] *Archiv f. Anat. u. Physiologie.* Physiol. Abth. 1894. S. 395.

geringer wird, je grösser die Ermüdung".[1] Dass er aber hinzufügt, „wir kommen demnach in unserem Falle mit der Hypothese Blix' nicht aus," damit thut er mir Unrecht.

Eine Hypothese über den Einfluss der Ausgangslänge auf die Form der Zuckungscurve, wie Schenck sie mir zuschreibt, habe ich, soviel ich weiss, nimmer ausgesprochen. Dagegen habe ich gezeigt, dass ein solcher Einfluss thatsächlich vorhanden ist und dabei auch eine diesen Einfluss erklärende Hypothese aufgestellt. Ich schrieb nämlich (S. 152): „Stelle ich jetzt alle mir aus eigenen Versuchen und deren anderer bekannte Thatsachen zusammen, so scheint mir die Erklärung die annehmbarste zu sein, dass der Muskel bei der Zusammenziehung einen inneren, vielleicht durch die oben erwähnte zähflüssige Substanz bedingten und also mit der Geschwindigkeit der Formveränderung wachsenden Widerstand zu überwinden hat." Fast auf jeder Seite dieser Abhandlung spreche ich von diesem inneren Widerstande (und in der Zusammenfassung S. 171 wird er erst hervorgehoben), welcher jede Formveränderung hemmt, jede Bewegung dämpft, und das um so stärker, je schneller die Bewegung ist — schwächer also für den ermüdeten Muskel mit seinen trägen Bewegungen, als für den frischen Muskel mit seinen lebhaften Umgestaltungen. Es ist eben das, was Schenck in diesen seinen Versuchen begegnet ist.

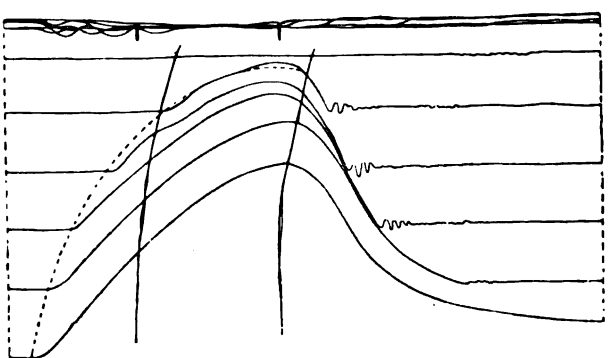


Fig. 1.

Die innere Dämpfung hat thatsächlich bei schnellen Veränderungen der Muskellänge einen ganz bedeutenden Einfluss auf die Höhe und sonstige Form der Zuckung. Ich erlaube mir in Bezug auf dieses Verhältniss auf meine hier wieder reproducirte Fig. 1 (aus diesem Arch. Bd. V, Taf. II, Fig. 1) zu verweisen. Die unterste Curve ist isotonisch,

[1] A. a. O. S. 400.

und die punktierte giebt ungefähr den Verlauf derselben, wenn der Einfluss der Dämpfung wegcorrigirt worden ist.

Dr. Schenck sagt weiter: „Man kennt zwei verschiedene Aenderungen des Zuckungsverlaufes durch die Spannung, 1. eine Verstärkung und längere Dauer der Verkürzung, die z. B. in den Zuckungen mit Anfangshemmung bei von Kries, in den Schleuderzuckungen bei Sogalla und in den von mir beschriebenen Anschlagzuckungen des kalten Muskels zu beobachten ist. Diese Erscheinungen sind nicht zu erklären aus der Annahme von Blix, denn nach Blix kann die Spannungszunahme in diesen Fällen auf die Verkürzung keine andere Wirkung haben als eine hemmende, die bewirkt wird durch geringere Nachschrumpfung.“ [1]

Zuckungen mit Anfangshemmung giebt es in meiner Arbeit mehrere (Taf. III, Fig. 9 und Taf. IV, Fig. 1). Im Text werden sie auch ziemlich ausführlich behandelt (S. 165). Es handelt sich nicht um eine Verstärkung und längere Dauer der Verkürzung des Muskels, sondern um eine schnellere Verkürzung und grösseren Einfluss der Schleuderung auf die Bewegungen des Längenschreibers. Je mehr die Schleuderung durch die äusseren Bedingungen begünstigt wird, desto höher ragt die Curve und desto später geht sie wieder herunter. Ich erlaube mir, was ich dort geschrieben habe, zu wiederholen. „Wird die von den trägen Massen herrührende Deformation corrigirt, so erhalten wir Curven, welche nicht unbedeutend niedriger als die unsignirte isotonische Curve sind, was ich als auf der grösseren Geschwindigkeit, mit welcher die Zusammenziehung vor sich gegangen ist, und auf dem in Folge dessen vermehrten inneren Widerstand beruhend annehmen muss..... In der Regel hat man bisher bei gleichartigen Versuchen gar zu grosse Massen mit im Spiele gehabt, so dass deren Einfluss sich ganz überwiegend geltend gemacht hat.“

Dasselbe gilt auch von den Schleuderzuckungen bei Sogalla. Durch Ankuppeln von extra trägen Massen hat Sogalla die Verkürzung des Muskels absichtlich verzögert. Dadurch ist erst die Spannung schnell gewachsen, dann die Verkürzung nicht unbedeutend accelerirt worden. Der Längenschreiber geht schliesslich viel schneller in die Höhe als bei der sogenannten isotonischen Zuckungscurve. Als der Längenschreiber seine grösste Geschwindigkeit erlangt hat, werden die extra trägen Massen losgekuppelt. Immer noch sind mit dem

[1] Beiläufig will ich bemerken, dass das Wort „Nachschrumpfung“ in der Abtheilung über die Muskelzuckung nicht gebraucht und nicht gemeint worden ist.

Muskel und dem Längenschreiber so viel träge Massen verbunden, dass in den Fällen, wo die Acceleration bedeutendere Werthe erlangt hat, der Gipfel der Curve ausserhalb der Area der isotonischen Curve, mitunter auch höher als diese Curve kommen kann.

Hätte Sogalla gleichzeitig auch die Spannung geschrieben, so hätte er gefunden, dass die Spannung, welche der Muskel hatte, da seine Längencurve ausserhalb der Area der isotonischen Curve verläuft, niedriger war als beim Schreiben der isotonischen Curve.

Dass dies sich so verhält, dafür habe ich mehrere Belege in meinen Curventafeln vorgebracht (vgl. Taf. II, Fig. 5, Taf. III, Figg. 1, 2, 8 und 9, Taf. IV, Figg. 1, 2, 3 und 4, Taf. V, Fig. 1).

Wir wollen nicht vergessen, was ich so oft hervorgehoben habe, dass wir nicht mit massenlosen Muskeln und Schreibhebeln arbeiten. Für kleine Geschwindigkeitsveränderungen mögen die Hebel das Spiel der im Muskel wirkenden formverändernden Kräfte getreulich wiedergeben. Bei plötzlichen Umänderungen können sie das nicht.

Wo die Längencurve ausserhalb der wirklich isotonischen Curve geht, da ist die Spannung niedriger als die isotonische Spannung, und wo die Längencurve innerhalb der isotonischen Zuckungscurve läuft, da ist die Spannung höher als die isotonische.[1]

Es giebt doch ein Memento zu diesem Satze. Dr. Schenck verdanken wir, dass die Aufmerksamkeit auf das bezügliche Phänomen gelenkt worden ist. In Pflüger's Arch. Bd. LV, S. 628 hat er zwei Zuckungscurven von einem bis + 6° C. abgekühlten Froschmuskelpräparate gegeben. Die eine Curve ist eine isotonische, die andere eine Anschlagzuckung. In dieser stemmt der Muskel den Schreibhebel oben an den Anschlag noch zu einem Zeitpunkte, da die isotonische Zuckung schon fast bis an die Abscisse des ruhenden Muskels heruntergegangen ist.

Aus dieser Thatsache schliesst nun Schenck, dass die wegen des Anschlages gesteigerte Spannung beim abgekühlten Muskel eine Verspätung des „zweiten Muskelprocesses" hervorrufen sollte. Ich finde auch diesen Schluss ganz statthaft. Doch ist eine andere Erklärung auch denkbar und scheint mir mehr plausibel.

Ehe ich diese Erklärung vorführe, will ich doch erst einige mit diesem Phänomen zusammengehörenden Umstände erwähnen. Erstens

---

[1] Dass dieser Satz nicht in voller Strenge gilt für die Theile der Längencurve, welche gleich vor den Kreuzungspunkten mit der isotonischen Curve liegen, ist einleuchtend.

ist das Phänomen nicht ausschliesslich bei dem kühlen Muskel vorhanden, sondern kommt auch bei gewöhnlicher Stubentemperatur des Muskels vor, wenn auch nicht ganz so stark entwickelt. Belege hat Schenck selbst schon geliefert und so auch ich.[1] In den von v. Kries publicirten Anschlagzuckungen wird es doch bis auf Spuren vermisst.[2] Allerdings ist die Temperatur nicht ganz ohne Einfluss. Aber auch andere Umstände wirken mehr oder weniger fördernd auf dieses verspätete Hinuntergehen der Anschlagzuckung. Die Individualität des Präparates ist nicht ohne Belang. Weiter ist die Belastung zu beachten. Je grösser die Belastung, desto kleiner wird der Zwischenraum zwischen den betreffenden Theilen der Curven. Auch haben meine Versuche gezeigt, dass die Anschlagzuckung relativ zu der isotonischen Zuckung um so viel länger dauert, je tiefer der Anschlag kommt.

Noch muss ich eine bedeutungsschwere Thatsache hervorheben. Wenn man einen gespannten, mit beiden Enden fixirten Muskel reizt, so werden freilich bei oberflächlicher Betrachtung die äusseren Conturen des Muskels unverändert erscheinen. Und doch ändern die meisten der Muskelsegmente ihre Form, indem einige sich verkürzen, andere gedehnt werden, da die zusammenziehende Kraft nicht überall gleich ist oder nicht in jedem Zeitmomente durchgehend dieselbe Entwickelung erreicht hat. Nur wenn alle Muskelsegmente gleich kräftig sind und wenn die Contractionskraft völlig gleichzeitig im ganzen Muskel ansteigt und abfällt, wird für jeden Querschnitt „der übrige Muskel ein starres Stück der Verbindung" mit den fixirten Enden. Da dies wohl niemals zutrifft, entsteht bei der Zuckung eine Verschiebung zwischen den Muskelrohren und Muskelbündeln[3], welche übrigens gut beobachtet werden kann sowohl durch directe Inspection des Muskels als auch mit Hülfe der graphischen Methode.

In dem Momente, da der physiologische Contractionsact überall vorüber ist, besteht darum noch eine Verschiebung unter den Muskelelementen und es wird eine gewisse Arbeit nöthig, um sie in die Lage zu bringen, die sie vor der Erregung einnahmen. Das Ausführen dieser Arbeit erfordert Zeit — um so mehr Zeit, je kleiner die Kraft ist, welche dazu gebraucht wird, und je grösser die Friction zwischen den zu verschiebenden Elementen des Muskels ist.

Dieselbe innere Verschiebung, welche bei unverrückbarer Befestigung der Muskelenden eintritt, muss, wenn auch in kleinerem

[1] *Pflüger's Archiv.* Bd. LV, S. 624 und *Dieses Archiv*, Bd. V, Taf. III, Fig. 7.

[2] *Archiv f. Anat. u. Physiologie.* Physiol. Abth. 1892. S. 12.

[3] Diese Auffassung theilt auch v. Kries, *Archiv f. Anat. u. Physiologie.* Physiol. Abth. 1895. S. 148.

Umfange, bei jeder Contraction eintreffen, wahrscheinlich am wenigsten bei geringer Spannung und mehr, je grösser die Spannung im Verlaufe der Contraction gewesen ist. Einen Beleg bringe ich in Fig. 2 vor. Wir finden dort drei Zeitlängencurven geschrieben, zwei isotonische bei 20 und 40 g Spannung bezw. und eine, wo die Spannung im Anfange 20 g, nachher bis 40 g gewachsen und schliesslich bei 20 g beendigt ist. Schon diese kleine Spannungserhöhung lässt das Endstück der Curve seichter heruntergehen. Der absteigende Theil der Zuckungscurve ist also immer von diesem Verhältnisse mehr oder weniger beeinflusst, welches ein zäher, dämpfender Widerstand gegen den unmittelbaren Uebergang des Muskels zu der ruhenden Länge leistet.

Fig. 2.

Wenn das Präparat Muskelschläuche zusammengemischt enthält, welchen sehr verschiedene Schnelligkeit und Dauer der Contraction zukommen, wird natürlich die innere Verschiebung grösser und das Endstück der Anschlagcurve später abfallen.

Wenn dagegen die Belastung, welche die Wiederausdehnungsarbeit leistet, gross ist, muss die Verspätung des Endstückes weniger deutlich hervortreten, was auch mit unserer Erfahrung übereinstimmt.

Diese Verspätung muss auch mehr hervortreten, je grösser die innere Reibung im Muskel ist. Hierin ist die Erklärung zu finden, warum die Anschlagzuckung des abgekühlten Muskels ein noch mehr verlängertes Expansionsstadium zeigt, als der erwärmte Muskel. Die Untersuchungen, welche A. Malmström hier ausgeführt hat,[1] gestatten keinen Zweifel, dass die innere Reibung im Muskel bei Abkühlung anwächst und bei mässiger Erwärmung abnimmt.[2]

Dr. Schenck schreibt weiter, dass die Spannung eine Hemmung und geringere Dauer der Verkürzung mitführen kann, und erwähnt „von den vielen Beobachtungen, die das beweisen, nur die der Anschlagzuckung des warmen Muskels".

Hier haben die trägen Massen wieder eine Irrung veranlasst, welche eine gleichzeitige Registrirung der Spannung gewiss verhütet hätte. Es ist zwar Schenck nicht entgangen, dass seine Curven des Einflusses der Schleuderung wegen eine Correction nöthig hatten. In Folge der inneren Dämpfung im Muskel wird freilich eine solche Cor-

---

[1] *Dieses Archiv.* Bd. VI, S. 239.

[2] Es bietet ein grosses Interesse, dieses Verhältniss mit dem Einfluss der Temperatur auf die Zuckungs- und Tetanuscurven zu vergleichen, was ich schon früher bemerkt habe. *Dieses Archiv.* Bd. V, S. 184.

rection complicirter als gewöhnlich. Es ist doch schon beim ersten Anblicke deutlich, dass diese Correction nicht nur die Ordinate, sondern auch, und das nicht unerheblich, die Abscisse des Gipfelpunktes beeinflussen muss. Die ganze Auslegung, welche Schenck an diese Versuche anknüpft, und die Folgerungen, die er daraus entnimmt, sind darum hinfällig. Meine leicht nachzumachenden Versuche werden die letzten Spuren des Zweifels in dieser Hinsicht entfernen.

Man braucht nur einen hinlänglich leichten und leichtbeweglichen Längenschreiber zu benutzen, um zu zeigen, dass, wie man unser Präparat auch erwärme, die Anschlagzuckung niemals weniger Zeit dauern wird, als die isotonische Zuckung. So ist es mir wenigstens bis heute gegangen. Meine umfassenden Versuchsserien geben mir ohne Ausnahme dieselbe Antwort. Ich füge als Beispiel Fig. 3 bei. Die Curven sind von zwei kleinen Adductoren bei einer isotonischen Spannung von 10 g geschrieben. Das Präparat war in einer feuchten Kammer eingeschlossen. Die Metallwände dieser Kammer wurden mit warmem Wasser oder Eiswasser temperirt. Die angeschriebenen Grade geben die Temperatur dieses Wassers an. — Einen wesentlichen Unterschied in der Länge der Anschlagzuckung und der isotonischen Zuckung bringen die verschiedenen Temperaturen nicht mit. Für die Auffassung des Mechanismus der Muskelcontraction, der doch mehr als genug an Schwierigkeiten bietet, muss dieses Verhältniss unwillkürlich als eine grosse Erleichterung betrachtet werden.

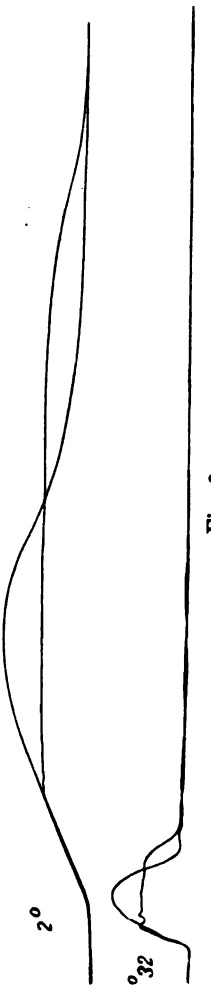


Fig. 3.

In meiner oben erwähnten Arbeit über die Länge und die Spannung des Muskels habe ich (S. 153 und 164) gezeigt und mit synthetischem Versuche erhärtet, dass der innere Widerstand die Erreichung des Zuckungsmaximums mehr oder weniger verspäten — die Gipfelzeit verlängern kann. Dies muss ich hier wieder betonen gegen Gad, der die Verkürzung der Gipfelzeit und die Steilheitszunahme der Erschlaffung bei in passendem Intervall superponirten Reizen auf die

Beschleunigung des zweiten Processes bezieht. Etwas ganz Anderes lese ich aus seinen Curven. Die Gipfelzeit der ersten Zuckung, welche mit einer verhältnissmässig grossen und schnellen Formveränderung verbunden ist, ist in Folge der inneren Reibung auch verhältnissmässig bedeutend verlängert worden. In der nächsten Contraction hat die Dämpfung und damit auch die Verlängerung der Gipfelzeit schon abgenommen; in der dritten und den folgenden noch mehr. Um so viel mehr Zeit bekommt der Muskel für die Erschlaffung, und dass er dann auch einen längeren Weg macht, ist nicht zu verwundern.

Bei Isometrie bleibt das Phänomen aus, weil in Folge der minimalen Verkürzung die Dämpfung unbedeutend und dadurch die Verspätung der Gipfelzeit auch für die erste Zuckung nicht merklich wird. Ich will damit nicht gesagt haben, dass nicht die Schleuderung, wie so oft anders, auch an der Gestaltung der von Gad reproducirten Curven seinen kleinen Antheil haben kann.

Die verschiedenen Arten von Summationszuckungen[1] bieten schöne Gelegenheiten, den Einfluss der verschiedenen mechanischen Bedingungen auf die Zuckungsformen zu studiren. Die Curven sprechen doch nicht für einen Unterschied in den physiologischen Acten der ersten und zweiten der superponirten Zuckungen. Die neulich von v. Kries im Streite eingeführten summirten isometrischen Curven[2] eignen sich nicht zu Beweismitteln in dieser Frage. Schenck hat seinen Widerspruch gegen das Plateau der isometrischen Zuckungscurven abgegeben[3] und ihm muss ich mich hier entschieden an die Seite stellen. Schreibe ich summirte Zuckungen mit Hülfe meiner Spannungschreiber auf, so bekomme ich Curven ohne Plateau, welche, wie ich glaube, die Spannungsverhältnisse besser und genauer anzeigen, und dabei auch zu meiner rein mechanischen Betrachtungsweise vollkommen passen.

Es ist eine unleugbare Thatsache, dass Maximalzuckung durch etwas schwächere Reize bei isotonischem als bei isometrischem Verfahren hervorgerufen werden. Dies giebt nun Kohnstamm und Gad einen Grund für die Annahme, dass die Spannung oder die Dehnungsverhältnisse des Muskels auf den inneren Muskelprocess einwirken. Die Sache lässt sich doch gut von einer anderen Seite ansehen.

---

[1] Vgl. z. B. die Arbeiten von Kronecker und Hall, M. v. Frey, J. v. Kries im *Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1879 und 1888.

[2] *Archiv f. Anat. u. Physiologie.* Physiol. Abth. 1895. S. 147.

[3] *Pflüger's Archiv.* 1894. S. 621 u. folg.

Mit wachsender Intensität des momentanen Reizes wächst auch die Geschwindigkeit, mit welcher der physiologische Process in den contractilen Elementen einsetzt (die Latenszeit wird kürzer), die Intensität, mit welcher er ansteigt und der Umfang, welchen er bekommt (die Curve wird steiler und höher). Streitig ist jedoch immer noch, ob die Dauer des chemischen Actes, aus welchem die elementare Verkürzung hervorgeht, von der Intensität des Reizes abhängig ist oder nicht. Schon die Verkürzungszeit der contractilen Elemente zu ermitteln, wird eine sehr schwere Aufgabe; und es kann nicht einmal als endgültig festgestellt betrachtet werden, ob die Gipfelzeit des ganzen Muskels auf der Intensität des Reizes beruht. Santesson und Kohnstamm haben wohl eine solche Abhängigkeit bei Isotonie behauptet. Es sollte die Gipfelzeit bei stärkeren Reizen etwas, aber sehr wenig, abnehmen. — Die wenigen Versuche, welche ich gemacht habe, gaben mir nicht entscheidende und unzweideutige Ausschläge. Einmal wurde die Gipfelzeit merklich unverändert, wenn der Reiz anwuchs, ein anderes Mal wurde er länger, noch öfter kürzer. Bei kühlen Muskeln tritt die Verlängerung, bei warmen die Verkürzung deutlicher hervor. Bei gewöhnlicher Temperatur waren die Unterschiede immer sehr klein oder fielen ganz weg.

Die isotonische Zuckungscurve sollte nun die Längenänderungen des Durchschnittselementes unter den gegebenen Verhältnissen abspiegeln, wenn nicht Schleuderung und Dämpfung die Dinge verwickelten. Die Schleuderung kann die Gipfelzeit ebensowohl verlängern als verkürzen, je nach den Umständen. Die Dämpfung wirkt nur verspätend, und zwar um so mehr, je steiler die Verkürzung abläuft, also mehr bei den starken Reizen.

Dass die isotonische Curve nicht immer mit wachsendem Reize eine deutliche Verspätung des Gipfels angiebt, sondern öfters sogar eine deutliche Verfrühung, spricht also entschieden für eine Verkürzung der Gipfelzeit des contractilen Elementes.

Dann ist es auch leicht zu verstehen, dass ein schwächerer Reiz, der eine langsamer anwachsende, aber länger dauernde Verkürzung des contractilen Elementes bewirkt, eine ebenso hohe Erhebung des Längenschreibers hervorrufen kann, als ein stärkerer Reiz, der die Zusammenziehung des Durchschnittselementes beschleunigt und abkürzt.

Etwas anders steht es mit der isometrischen Zuckung. Da sowohl Schleuderung als Dämpfung hier weniger mitspielen, könnte man erwarten, dass die Abkürzung der Gipfelzeit hier deutlicher zum Vorschein kommen sollte. Aber die Dinge liegen nicht so einfach.

In meinen Versuchen (in der Litteratur habe ich nicht für die vorliegende Frage brauchbare Curven gefunden) ist die Abhängigkeit der Gipfelzeit vom Reize noch undeutlicher hervorgetreten, als bei dem isotonischen Verfahren. Ein Einfluss der Temperatur und Anfangsspannung sind wohl oft zu spüren; hier kommen aber neue Factoren hinzu.

Bei Isometrie ziehen sich die kräftigsten Elemente auf das Maximum zusammen, indem sie die anderen dehnen. Diese arbeiten dann unter denselben Bedingungen wie ein stark belasteter und gedehnter Muskel, von welchem wir wissen, dass er sich langsamer zusammenzieht und später sein Maximum erreicht, als der mässig gedehnte.[1] Zum Theil werden doch diese schwächeren Elemente auch die Gipfelzeit der isometrischen Curve mitbestimmen, und somit wirkt auf der einen Seite der stärkere Reiz beschleunigend und verstärkend auf den verkürzenden Process in jedem Elemente, und auf der anderen Seite die dadurch verstärkte Dehnung verzögernd auf das Erreichen des Spannungsmaximums. Beide wirken gegen einander und compensiren einander theilweise oder vollständig. Damit werden die kleinen Verschiedenheiten in der Gipfelzeit der isometrischen Zuckungen verständlich.

Es giebt nun bei der Isometrie, so weit ich sehe, keinen Grund, warum die Spannung nicht mit dem Reize steigen sollte, so lange ein Zuwachs des Reizes auch eine Steigerung der Zusammenziehungskraft des schwächsten Querschnittes wachrufen kann.

Zum Schluss möchte ich meiner in der oft erwähnten Arbeit vorgeschlagenen Muskelcontractionstheorie einige Zeilen widmen. Die Theorie tritt da etwas selbständiger hervor, als was Rechtens ist. Ich finde nämlich, dass Gad schon 1893[2] (möglicher Weise auch früher) eine nahe verwandte Theorie aufgestellt hat. Dass ich dies nicht früher beachtet habe, kommt ohne Zweifel daher, dass ich Gad's Darstellung nicht verstanden habe. Auch in der letzten Umkleidung oder Erweiterung[3] der Theorie, womit sie, wenn ich nicht irre, eine meiner Hypothese noch näher stehende Alternative einräumt, fehlt es mir noch an hinreichend concreten Bestimmungen, um ganz sicher zu sein, dass ich alles gut verstanden habe. Es ist aber leicht einzusehen, welche Schwierigkeiten sich darbieten müssen, wenn die Theorie auch der

---

[1] Vgl. *Dieses Archiv.* Bd. V, S. 180—182.

[2] *Archiv f. Anatomie u. Physiologie.* Physiol. Abth. 1893. S. 170.

[3] Ebenda. 1894. S. 395.

Heidenhain'schen Lehre, dass die Spannung den chemischen Muskelprocess beeinflusst, Rechnung tragen soll.

Ungebunden von dieser Lehre habe ich um so viel besser Rücksicht auf die mikroskopischen Entdeckungen, auf alle mechanischen Verhältnisse, die mit der Thätigkeit des Muskels verbunden sind und auch auf das Verhältniss, dass, wie ich deutlich gezeigt habe, die physiologische Contractionskraft in dem gedehnten Muskel abnimmt, nehmen können. Weiter umfasst meine Hypothese die Erklärung der Bewegungen der Cilien, des freien und eingeschlossenen Protoplasmas, und auch der sogenannten Turgescens- und Secretionsbewegungen.

Alles beruht auf einem: (gesteigerter) Umsetzung und (vermehrter) Anhäufung der Umsetzungsproducte an der Oberfläche beziehungsweise in den Vacuolen des Protoplasmas — und könnte gut mit dem gemeinsamen Namen: Secretion charakterisirt werden.

Das Secret, welches gasförmig oder flüssig (auch schleimig oder galertig) sein kann, verändert das specifische Gewicht, den osmotischen Druck oder die Oberflächenspannung. Die sehr verschiedenen Formen der vitalen Bewegungen entstehen, meine ich, theils durch unzweifelhaft vorhandene Varianten im Bau, Vertheilung (Oberflächengrösse u. s. w.), Beweglichkeit des Protoplasmas, theils durch die verschiedene Beschaffenheit des Mediums und seiner Affinität zu dem Protoplasma, endlich auch durch Unterschiede in der Art des Secretes und in der Intensität und Lebhaftigkeit des Secretionsprocesses sowie des Restitutionsprocesses (Entfernung des das Gleichgewicht zwischen Cohäsion und Adhäsion störenden Secretes), wo solche vorhanden ist.

Ich hege nicht die eitle Zuversicht, hiermit eine Wahrheit ausgesprochen zu haben. Es ist nur ein anspruchsloser Vorschlag zur Erklärung der alten und neuen Thatsachen, welcher möglicher Weise auch Andere vorläufig befriedigen und als Ausgangspunkt für weitere Forschungen dienen könnte.

Das Pylorussecret beim Hunde.[1]

(Erwiderung an Herrn Dr. Åkermann.)

Von

Dr. Ch. Contejean.

(Aus dem Laboratorium des Herrn Prof. Chauveau.)

An verschiedenen Orten[2] habe ich eine Reihe von Experimenten veröffentlicht, aus welchen ich schliessen zu können glaubte, dass die Belegzellen die einzigen Sauerbildner im Magen nicht seien. Herr Dr. Åkermann,[3] der nur einen Theil meiner Mittheilungen zu kennen scheint, hat diese Schlussfolgerungen neulich zu widerlegen gesucht. Meine Versuche über das Pylorussecret des Hundes sind die einzigen, welche er sachlich bekämpft; darum will ich hier nur über diesen Punkt meinem Gegner antworten.

Er hat die berühmte Vivisection von Klemensiewicz und Heidenhain in ähnlicher Weise wie die Autoren wiederholt, und natürlich erreicht er dasselbe Ergebniss. Sein Blindsack liefert eine pepsinhaltige alkalische Flüssigkeit. In diesem deutlich alkalischen Secret konnte er kein freies HCl finden; es war auch ganz fruchtlos, es zu suchen.

Aus zahlreichen Gründen habe ich schon den Schlussfolgerungen dieses Experimentes widersprechen zu dürfen geglaubt. Zuerst mag der durch Fisteln gewonnene Saft nicht normal sein. Dies ist der Fall für die seit kurzem angelegten Pankreasfisteln, wie Jedermann weiss. Der aus Thiry's Blindsack gewonnene Darmsaft verdaut gewöhnlich

---

[1] Der Redaction zugegangen den 1. Juni 1895.

[2] *Archives de Physiologie.* 1892; *Thèse de doctorat ès sciences.* Paris 1892; *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie.* 1893; *Comptes rendus de la Société de Biologie.* 1893.

[3] *Dieses Archiv.* Bd. V, S. 134.

nichts, und die normale Darmflüssigkeit verdaut wirksam das Fleisch und das Fett, wie M. Schiff[1] gezeigt hat. Beim Pferde, aus Fisteln des Ductus stenonianus konnte ich (und Andere) niemals activen Speichel erhalten. In der Klemensiewicz-Heidenhain'schen Operation durchtrennt man die Magenvagusfasern; ich habe nun gezeigt, dass die doppelseitige Vagotomie die Absonderung des normalen sauren Magensaftes vermindert, ohne die Secretion des alkalischen Schleimes zu verhindern. Die gewonnene Flüssigkeit kann also durch Hyperneutralisation des Magensaftes alkalisch werden. Ausserdem ist ein nach Art von Thiry gebildeter Blindsack der Atrophie anheimgefallen wie jedes unthätige Organ, und wie gezeigt ist das der Fall mit dem von Heidenhain operirten Thier. Deswegen kann das Secret nicht normal sein.

Herr Arthus hat bei zwei Hunden einen Theil der Fundusdrüsenregion excidirt und dieses Magenstück, die Schleimhaut nach aussen umgeschlagen, wie in Heidenhain's Experiment. Das Secret war alkalisch und hätte in diesem Falle sauer bleiben sollen.

Ich habe das Antrum pyloricum von dem übrigen Magen getrennt, das Fundusstück des Magens in einer am Ende des Duodenums der Länge nach gemachten Spalte eingeführt, und den trompetenartigen Pylorustheil nach aussen geöffnet. Bei diesem Thiere floss während der Verdauung aus der Fistel fast immer eine saure Flüssigkeit; sie trat aber oft mit Galle und Pankreassaft von dem Fundus durch das Duodenum aus; die gut gewaschene und gegen fremde Secrete durch einen im Pylorus gelegenen Wattepfropfen geschützte Schleimhaut des Aditus ad pylorum reagirte immer alkalisch. Diese Reaction war aber nicht die normale, wie das folgende Experiment zeigt. Sie war durch die Trennung der Vagusfasern wahrscheinlich verändert.

Bei einem grossen Hunde habe ich eine sehr weite Magenfistel in dem Antrum pyloricum gemacht. Mit dem Thier bei vollständigstem Wohlbefinden und nach vorläufigem Dressiren wurde in der folgenden Weise experimentirt. Während der Verdauung legte man es auf den Rücken über die Operationsrinne ohne Fesseln; durch die Fistel und den Pylorus fügte man in das Duodenum einen an einem Glasstab befestigten Kautschukpfropfen; zieht man dann mit Behutsamkeit den Glasstab heraus, so kann man den verkehrten Pylorustheil ausserhalb des Thierkörpers ohne Schmerz herausbringen. Man wusch dann sorgfältig und wiederholt mit lauwarmem und schwach alkalischem Wasser die Schleimhaut. Man sah an ihrer Oberfläche den Pylorussaft wie

[1] M. Schiff, *Archives de Physiologie.* 1892. p. 699.

Schweisstropfen quellen, und die Reaction war immer sauer bis auf den Pylorus selbst. Dieses Experiment scheint mir gegen die Kritik geschützt zu sein und die normale saure Reaction des Pylorussecretes zu beweisen.

Endlich will ich sagen, dass Cordier[1] im Laboratorium des Prof. A. Milne Edwards gezeigt hat, dass beim Pekari (Dicotyles torquatus) keine Belegzellen in den Drüsen der ganzen Magenschleimhaut zu finden seien; und gewiss ist doch der Magensaft dieses Thieres sauer.

Ich glaube also trotz des Urtheiles des Herrn Dr. Åkermann meine Meinung aufrecht erhalten zu können.

---

[1] J. A. Cordier, *Annales des Sciences naturelles (Zool.)*. 1894. T. XVI, p. 1.

Berichtigungen und Zusätze zu meinem Aufsatz: Physiologisch-chemische Beobachtungen über die Salzsäure.[1]

Von

John Sjöqvist,

Docenten für med. Chemie an dem Karol. Institute zu Stockholm.

In einem früheren Aufsatz[2] habe ich gezeigt, dass das chemische Aequivalent des Eieralbumins auf 800, dasjenige einer Mischung von Albumosen auf 600 und das des bei der Trypsindigestion gebildeten Peptons auf 250 berechnet werden konnte. Zu diesem Resultat gelangte ich dadurch, dass ich Messungen der electrischen Leitfähigkeit einiger Säuren bei Gegenwart von verschiedenen Mengen Eiweiss ausführte. Durch dieselben Messungen konnte ich auch die Grösse der hydrolytischen Dissociation der Verbindungen zwischen diesen Säuren und ein paar Eiweisskörpern — Eieralbumin und eine Albumosenmischung — bestimmen und so einen Vergleich zwischen der Affinität dieser Eiweisskörper und der einiger von Walker und Bredig[3] bestimmten schwachen Basen anstellen. Nachdem ich nämlich die Qualität und die Quantität der das Albuminpräparat verunreinigenden Salze bestimmt hatte, berechnete ich, wie diese in einer gewissen Menge Albumin befindlichen Salze die Leitfähigkeit der Säuren vermindern würden; sodann berechnete ich, welches die Leitfähigkeit dieser Mischung von Säure und Salzen sein würde, wenn eine entsprechende Menge salzfreien Albumins zugesetzt würde, vorausgesetzt, dass dabei keine Hydrolyse stattfand. Nachdem ich so für die Verminderung der Leitfähigkeit, welche

[1] Der Redaction zugegangen den 15. Juni 1895.

[2] *Dieses Archiv.* Bd. V, S. 277.

[3] Walker, Zur Affinitätsbestimmung organischer Basen. *Zeitschr. f. physikal. Chem.* 1889. Bd. IV, S. 319. Bredig, Ueber die Affinitätsgrössen der Basen. Ebenda. 1894. Bd. XIII, S. 321.

durch die Reibung der Eiweissmoleküle gegen die Ionen hervorgerufen worden war, eine Correction angebracht hatte, wurde durch eine einfache Interpolation die Grösse der Hydrolyse bestimmt. Weil ich aber eine entsprechende Correction auch für die Wirkung von Säuren und Salzen anzubringen unterlassen habe, was indessen, um mit einander vergleichbare Werthe zu erhalten, nothwendig ist, soll die Interpolationsformel auf Seite 342 in meinem oben citirten Aufsatz:

$$314\,x + (1 - x)\,55{\cdot}66 = 100{\cdot}5$$

folgendes Aussehen erhalten:

$$298{\cdot}2\,x + (1 - x)\,55{\cdot}66 = 100{\cdot}5,$$

wobei die Correction für die Mischung von Salzsäure und Salzen $4 \times 1{\cdot}26$ (s. Seite 334!) $= 5{\cdot}04$ Procent beträgt.

Aus dieser Gleichung berechnen wir $x = 0{\cdot}1849$, und das Albuminchlorhydrat ist also in 0·05 Normallösung zu 18·49 Procent anstatt früher angegebener 17·40 Procent hydrolysirt. Auf ähnliche Weise wird berechnet, dass es in 0·025 Normallösung zu 22·7 Procent hydrolysirt ist. Die Schwefelsäureverbindung und die Salpetersäureverbindung sind in 0·05 Normallösung zu bezw. 15·82 und 17·46 hydrolysirt und die Hydrolyse des Albumosenchlorhydrates in derselben Verdünnung beträgt 14·5 Procent.

In demselben Aufsatz bin ich (Seite 347) zu der Schlussfolgerung gekommen, dass das Eieralbumin als Base schwächer als Glykokoll, Asparagin und Asparaginsäure ist. Diese Schlussfolgerung ist unrichtig, weil die von Walker gefundene Constante für die Reactionsgeschwindigkeit nicht auf $^1/_{50}$ Normallösung, wie ich angegeben habe, Bezug hat, sondern auf $^{10}/_{11}$ Normallösung. Der letzte Abschnitt der Walker'schen Arbeit, welcher von der Leitfähigkeit der bezw. Hydrochloraten handelt, ist mit $^1/_{50}$ Normallösung ausgeführt, was die Verwechselung veranlasst hat. Rechnet man die von Walker für $^{10}/_{11}$ Normallösung gefundene Hydrolysengrade nach Guldberg-Waage's Gesetz zu 0·05 Normallösung um, so erhält man

	k
Glykokoll	0·04053
Asparagin	0·02161
Asparaginsäure	0·01257

Die Constante für Albumin wird $\frac{315 - 0{\cdot}1849 \times 315}{(0{\cdot}1849 \times 315)^2} = 0{\cdot}07569$, woraus hervorgeht, dass das Albumin anstatt schwächer, bedeutend stärker als die fraglichen Basen ist und zwar 1·87 mal stärker als

Glykokoll, 3·50 mal stärker als Asparagin und 6·02 mal stärker als Asparaginsäure.

Um eine Bestätigung der Zuverlässigkeit dieser Berechnung erhalten zu können, habe ich Messungen betreffs der Leitfähigkeit der Mischungen von Salzsäure — welche immer in einer Concentration von 0·05 oder 0·025 normal zugegen gewesen ist — und verschiedenen Mengen Glykokoll bei 18° direct gemacht und theile ich diese hier unten mit.

Das angewandte Glykokoll war wasserfrei und vollkommen rein; es enthielt 18·75 Procent Stickstoff (Mittel von 18·72 und 18·77), anstatt berechnet 18·71 Procent. Untenstehende kleine Tabelle giebt seine molekulare Leitfähigkeit an; die erste Colonne giebt die Anzahl Grammmoleküle in einem Liter, die zweite die molekulare Leitfähigkeit, mit 10^7 multiplicirt:

1	0·0560
0·5	0·0845
0·4	0·0900
0·2	0·111
0·1	0·156
0·05	0·213
0·02	0·353

Wie alle Nichtleiter und schlechten Leiter ruft Glykokoll bei Zusatz zu einem Electrolyte eine Verminderung von dessen Leitfähigkeit durch die Reibung gegen die Ionen hervor. Diese Verminderung habe ich wie für Albumin bestimmt, indem ich zu einer 0·05 normalen Kochsalzlösung verschiedene Mengen Glykokoll zusetzte und so die Leitfähigkeit der Mischung mass. Die erste Colonne in untenstehender Tabelle ergiebt die Anzahl Grammmoleküle Glykokoll in einem Liter, die zweite die molekulare Leitfähigkeit der Mischung (für 0·05 *n* berechnet) und die dritte dieselbe nach Abzug von der Leitfähigkeit des Glykokolls:

0·5	86·16	85·31
0·4	86·81	86·09
0·2	88·32	87·87
0·1	89·15	88·84
0·05	89·77	89·56
0·0	89·94	89·94

Durch Anwendung von Arrhenius'[1] Interpolationsformel

$$l = l_0 \left(1 - \frac{\alpha}{2} x\right)^2,$$

[1] Arrhenius, *Zeitschr. f. physikal. Chemie.* Bd. IX, S. 48.

worin l_0 die Leitfähigkeit der wässerigen Lösung, l diejenige der x Volumenprocente des Nichtleiters haltenden Lösung und α den Correctionsfactor bedeutet, lässt sich dieser im Mittel zu 0·0139 berechnen, d. h. für jedes Gramm Glykokoll wird die Leitfähigkeit der Kochsalzlösung um 1·39 Procent vermindert.

Nachdem dieser Correctionsfactor bestimmt worden war, führte ich Messungen über die Leitfähigkeit der Mischungen von Salzsäure und Glykokoll aus, in welchen die Salzsäuremenge immer 0·05 Grammmoleküle in einem Liter betrug, die Glykokollmenge dagegen wechselte. In untenstehender Tabelle giebt die erste Colonne die Anzahl Grammmoleküle Glykokoll in einem Liter der Mischung, die zweite die molekulare Leitfähigkeit der Mischung (für 0·05 n berechnet) und die dritte dieselbe nach Correction für die Reibung an:

0·95	75·10	83·14
0·5	78·70	82·98
0·4	80·13	83·59
0·3	81·93	84·55
0·2	85·47	—
0·1	97·63	—
0·066	116·8	—
0·05	*142·4*	*143·2*
0·04	167·9	—
0·03	201·7	—
0·02	242·1	—
0·01	286·7	—
0·005	310·2	—
0·0	334·4	—

Wie aus der Tabelle hervorgeht, sind am Endpunkte der gedrehten Curve, wo ein relativ grosser Ueberschuss an Glykokoll vorhanden ist, die Werthe nach der Correction für die Reibung constante, und wir finden also, dass die molekulare Leitfähigkeit des Glykokollchlorhydrates in 0·05 normaler Lösung, wenn keine Hydrolyse stattfände, 83.10^{-7} sein sollte. In dem theoretisch neutralen Punkte ist dagegen eine hydrolytische Dissociation eingetreten und hier findet sich also sowohl Glykokollchlorhydrat als freie Säure und freie Base vor. Die Leitfähigkeit der Mischung setzt sich daher aus der der Säure und der des Chlorhydrates zusammen (die Leitfähigkeit der schwachen Base kann in diesem Falle gleich Null angesehen werden), und durch folgende Interpolation:

$$334{\cdot}4\,x + (1 - x)\,83 = 143{\cdot}2$$

lässt sich die Hydrolyse zu 23·9 Procent berechnen.

Aus Walker's oben citirter Arbeit[1] ging hervor, dass das Glykokollchlorhydrat in $^{10}/_{11}$ Normallösung zu $\frac{20}{3 \cdot 15} = 6 \cdot 35$ Procent hydrolysirt war. Rechnet man diesen Werth, nach Guldberg-Waage's Gesetz,[2] zu 0·05 Normallösung um, so findet man:

$$\left(\frac{6 \cdot 35}{100}\right)^2 = \frac{93 \cdot 65}{100} \times \frac{11}{10} \times k,$$

woraus $k = 0 \cdot 003913$ und

$$(1 - x)^2 = x \times 20 \times 0 \cdot 003913,$$

woraus $1 - x = 0 \cdot 2434$ und die Hydrolyse also $= 24 \cdot 34$ Procent, welcher Werth auffallend gut mit meiner Zahl 23·9 übereinstimmt.

In Mischungen von Glykokoll und Salzsäure in solchen Mengen, dass die Lösung mit Rücksicht auf HCl 0·025 normal war, wurden folgende Werthe von der molekularen Leitfähigkeit (für 0·025 n berechnet) ermittelt:

Concentr.	μ	μ (corr.)
0·75	79·76	86·37
0·5	82·04	86·50
0·3	84·85	87·57
0·2	87·47	—
0·1	95·49	—
0·066	104·4	—
0·05	115·2	—
0·04	126·7	—
0·03	148·6	—
0·025	*165·8*	*166·7*
0·02	189·4	—
0·01	253·1	—
0·005	294·1	—
0·0	339·2	—

Der Endwerth ist hier 86·3. Also:

$$339 \cdot 2\,x + (1 - x)\,86 \cdot 3 = 166 \cdot 7,$$

woraus die Grösse der Hydrolyse in dieser Concentration sich zu 31·79 berechnen lässt. Wird der eben gefundene Werth der Hydrolyse in 0·05 Normallösung, 23·9 auf 0·025 normal nach Guldberg-Waage's Gesetz, umgerechnet, so finden wir

$$\left(\frac{23 \cdot 94}{100}\right)^2 = \frac{76 \cdot 16}{100} \times 1 \times k,$$

[1] A. a. O. Seite 331.

[2] Die Gültigkeit dieses Gesetzes ist auch für Chlorhydrate mit schwächerer Hydrolyse neuerdings von Bredig nachgewiesen worden. A. a. O. Seite 322.

woraus $k = 0{\cdot}0754$, und

$$(1 - x)^2 = x \times 2 \times 0{\cdot}0754,$$

woraus $1 - x = 0{\cdot}3208$, d. h. die Hydrolyse lässt sich zu 32·1 Procent berechnen, während die gefundene 31·8 war.

Ich habe auch die Leitfähigkeit der Mischungen von einer stärkeren Base als Albumin, nämlich Anilin, und Salzsäure bestimmt, um das Albumin mit Rücksicht auf seine Affinität zwischen zwei Basen einordnen zu können. Der Correctionsfactor für die Reibung ist aus der Leitfähigkeit der Mischungen von Anilin und 0·05 normaler Kochsalzlösung berechnet. Bei Gegenwart von 3·1848 g Anilin in 100 ccm 0·05 normaler NaCl, wurde die molekulare Leitfähigkeit von 89·94 zu 84·39 vermindert und nach Abzug der Leitfähigkeit des Anilins zu 83·83. Für jedes Gramm Anilin in 100 ccm wird also die Leitfähigkeit um 2·22 Procent vermindert.

In untenstehender Tabelle ergiebt die erste Colonne, wie gewöhnlich, die Anzahl Grammmoleküle von der Base in einem Liter der Mischung, die zweite die molekulare Leitfähigkeit der Mischung, wenn diese 0·05 Grammmoleküle HCl pro Liter, die vierte, wenn sie 0·025 Grammmoleküle pro Liter enthielt, die dritte und fünfte dieselbe molekulare Leitfähigkeit nach Correction für die Reibung:

Concentr.	μ_{20}	μ_{20} (corr.)	μ_{40}	μ_{40} (corr.)
0·368	72·23	78·02	—	—
0·355	—	—	74·78	80·51
0·300	73·36	78·11	75·95	81·06
0·200	74·80	77·98	77·68	80·98
0·100	76·43	80·03	79·31	80·97
0·075	76·72	—	79·71	80·95
0·0594	77·40	—	—	—
0·0549	77·97	—	—	—
0·0520	79·21	—	—	—
0·0500	*83·41*	*84·26*	80·33	81·17
0·0480	88·86	—	—	—
0·0400	126·9	—	—	—
0·0300	179·0	—	81·41	—
0·0280	—	—	82·49	—
0·0263	—	—	84·39	—
0·0250	—	—	*89·71*	*90·18*
0·0201	229·8	—	136·5	—
0·0100	281·4	—	235·4	—
0·0050	307·5	—	287·3	—
0·0	339·4	—	339·2	—

Die molekulare Leitfähigkeit des Anilinchlorhydrates würde also nach dieser Bestimmung, wenn keine Hydrolyse stattfände, in 0·05 Normallösung $78 \cdot 0 . 10^{-7}$ und in 0·025 Normallösung $81 \cdot 0 . 10^{-7}$. Die gefundenen Werthe sind 84·26 und 90·18, woraus durch eine ähnliche Interpolation wie auf Seite 258 hervorgeht, dass die Hydrolyse in ersterer Concentration 2·35 Procent und in letzterer 3·56 Procent beträgt.

Gehen wir von der Grösse der Hydrolyse in einer 0·05 normalen Lösung aus und berechnen wir, wie gross sie in einer halb so concentrirten Lösung, nach Guldberg-Waage's Gesetz, sein würde, so erhalten wir (siehe Seite 259) 3·38 Procent, welcher Werth nicht viel von dem gefundenen, 3·56, abweicht.

Auf ähnliche Weise wie auf Seite 256 wird nun berechnet, dass das Eieralbumin als Base 74·2 mal schwächer als Anilin ist.

In einer grösseren Arbeit hat Bredig[1] die aequivalente Leitfähigkeit einer grossen Anzahl von Chlorhydraten organischer Basen in verschiedenen Concentrationen bei 25° gemessen. Unter diesen Basen findet sich auch Anilin, für dessen Chlorhydrat er folgende molekulare Leitfähigkeit berechnete, wenn keine Hydrolyse eingetreten wäre: (Als Index von μ steht die Anzahl Liter, in welcher ein Grammmolekül gelöst ist.)

μ_{64}	μ_{128}	μ_{256}
96·0	98·3	100·3

Machen wir hier eine kleine Extrapolation, um den Werth für μ_{40} zu erhalten, so finden wir 94·3, und wird dieser Werth zu 18° umgerechnet nach der Formel $\mu_{25} = \mu_{18}(1 + t\,\alpha)$ und wird als Temperaturcoëfficient (α) der des Chlorkaliums in dieser Concentration, d. h. 0·023[2] angewandt, so erhalten wir μ_{40} bei 18° 81·2, welcher Werth genau mit dem meinen: 81·0 übereinstimmt.

Das Eieralbumin steht also als Base zwischen Glykokoll und Anilin, und zwar ist es 1·87 mal stärker als ersteres und 74 mal schwächer als Anilin.

Sobald es mir gelungen ist, ein sehr salzarmes und doch lösliches Albuminpräparat herzustellen, womit ich zur Zeit beschäftigt bin, werde ich hoffentlich diese Untersuchungen fortsetzen.

Stockholm, 8. Juni 1895.

---

[1] **Bredig**, Beiträge zur Stöchiometrie der Ionenbeweglichkeit. *Zeitschr. f. physikal. Chemie.* 1894. Bd. XIII, S. 191.

[2] **Arrhenius**, *Zeitschr. f. physikal. Chemie.* Bd. IV, S. 98—99.

Ueber die in Aether löslichen, reducirenden Substanzen des Blutes und der Leber.[1]

Von

A. Jacobsen.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität in Kopenhagen.)

Durch eine frühere Arbeit[2] war mir klar geworden, dass es nothwendig sein würde, die im Blute vorkommenden reducirenden in Aether löslichen Stoffe näher zu untersuchen, um das Verhältniss des Zuckers im lebenden thierischen Organismus weiter verfolgen zu können. Aus der oben angeführten Mittheilung ersieht man, dass man in der That keinen Aufschluss der wirklichen Grösse der Zuckermenge im Blute gewinnt, wenn man sich damit begnügt, die totale Reduction derselben zu bestimmen. Der Theil der Reduction, der durch die in Aether auflösbaren Stoffe bewirkt wird, ist nämlich immer sehr variabel und kann unter Umständen bedeutend werden, was durch eine Vergleichung des gleichzeitig genommenen Arterien- und Venenblutes eines Hundes deutlich wird. Ich führe folgendes Beispiel an; wie überall in dem folgenden wird die Reduction des Aetherauszuges als Traubenzucker berechnet.

---

[1] Der Redaction zugegangen den 6. Juli 1895.

[2] Ueber die reducirenden Substanzen des Blutes. *Centralblatt f. Physiol.* 1892—1893. Bd. VI.

Anmerkung. In der *Zeitschr. f. physiol. Chemie*, Bd. XX, S. 478, hat Herr P. Manasse eine interessante Abhandlung veröffentlicht, in welcher (S. 483) die Abspaltung einer Glucose vom Jecorin mittels Säurebehandlung constatirt wird. Ich erlaube mir hier die Aufmerksamkeit des Lesers auf die Abhandlung zu lenken, da ich im Text, welcher schon am 25. Januar 1895 der Königl. dänischen Gesellschaft der Wissenschaften vorgelegt ward, aber erst jetzt publicirt wird, nicht im Stande war, die genannte Abhandlung zu berücksichtigen.

	Aether-auszug	Rest vom Aether-auszuge	Totale Reduction	
Arterienblut	0·043	0·023	0·066	65 Procent auflösbar im Aether
Venenblut	0·020	0·052	0·072	28 „ „ „ „

Damals schien es mir bei einigen theils quantitativen, theils qualitativen Versuchen, als ob der in Aether auflösbare Theil der reducirenden Stoffe nicht gährungsfähig wäre. Dies zeigte sich doch nicht immer stichhaltig und es war mir daher von Wichtigkeit die Sache auf's Neue zu untersuchen, sowie auch festzustellen, ob man, indem man den Aetherauszug mit Säure behandelt, hierbei gährungsfähige, reducirende Stoffe gewinnen könne. Gleichzeitig erstreckte sich die Untersuchung auch auf die in Aether auflösbaren reducirenden Stoffe der Leber. Die Herstellung war dieselbe wie die von Baldi angegebene Methode zur Herstellung von unreinem Jecorin. Die Methode ist in aller Kürze folgende: Wiederholte Alkoholauszüge aus dem mit Alkohol versetzten Blute oder der fein geriebenen Leber; Eindampfen im Vacuum bei 40° von sämmtlichen Alkoholfiltraten; dann Extraction des Eindampfungsrestes mit Aether. Nach Abdampfung des Aether's bleibt ein Rest, der in dem folgenden „Aetherextract" des Blutes oder der Leber genannt wird. Der Aetherextract wird in Wasser ausgerieben ohne vorhergehende Reinigung.

Es war mir anfangs zweifelhaft, ob hierbei eine Auflösung stattfand oder nur eine Art von Aufschwemmung. Unter dem Mikroskop zeigt sie, wenn die Flüssigkeit sehr concentrirt ist, deutliche Myelinformen, die jedoch bald verschwinden. Da nun aber weder die concentrirte noch die verdünnte Auflösung bei Centrifugirung durch drei bis vier Stunden Andeutungen, unhomogen zu werden, zeigt, glaube ich berechtigt zu sein, es als eine Auflösung zu betrachten. Diese Auflösung ist gelblich-weiss bis gelbbraun und hat einen eigenthümlich faden Geruch. Sie wird in dem Folgenden Auflösung I genannt werden.

Zur Auflösung I wird Schwefelsäure gegeben, bis sie 2 bis 3 Procent Schwefelsäure enthält, worauf sie 10 Minuten lang im kochenden Wasserbade erwärmt wird. Hierbei fallen erst käsige Flocken aus, die sich jedoch gleich zu grösseren und kleineren Klumpen vereinigen. Die nachfolgende Filtrirung ist sehr leicht, wenn es sich um das Leberextract handelt, wohingegen sie mitunter sehr langwierig, ja beinahe unmöglich ist, wenn das Extract vom Blut herrührt. Das Filtrat ist meist leicht gelblich, kann aber mitunter auch bräunlich sein.

Hierzu wird nun eine concentrirte Auflösung von Barythydrat bis zur schwach alkalischen Reaction gegeben, worauf die Flüssigkeit mit Essigsäure schwach sauer gemacht wird. Die Filtrirung von den ausgeschiedenen Barytsalzen ist mitunter sehr beschwerlich, indem die Auflösung nur langsam und unklar durch das Filter geht. Die einzige Erleichterung hierfür dürfte sein, dass man die Auflösung 12 bis 24 Stunden lang an einem warmen Ort stehen lässt.

Wenn diese Auflösung, die in dem Folgenden als Auflösung III bezeichnet wird, mit Auflösung I verglichen werden soll, muss der Barytniederschlag natürlich erst sehr sorgfältig ausgewaschen werden.

Um die Gährungsfähigkeit von Auflösung I und III zu untersuchen, wird Hefe hinzugesetzt. Diese wird in einer grösseren Menge in Wasser aufgeschlemmt und centrifugirt, welcher Process mehrmals wiederholt wird. Zuletzt werden die ausgewaschenen Gährzellen mit einer geringen Menge Wasser vermischt und mit einer Pipette wird $^1/_2$ ccm dieser Aufschlemmung den Auflösungen I und III zugesetzt. Diese mit Hefe gemischte Auflösung wird in dem Folgenden Auflösung II und IV genannt werden.

Die Folgereihe der Versuche ist diese:

Der Aetherextract wird in Wasser aufgelöst und es wird soviel Wasser zugesetzt, dass die Auflösung 100 ccm beträgt. 50 ccm hiervon werden, wie früher beschrieben, mit H_2SO_4 und $Ba(OH)_2$ behandelt. Nach Filtrirung und sorgfältiger Auswaschung wird die Auflösung in zwei gleich grosse Theile getheilt; diese dürfen jedoch nicht mehr als 35 bis 40 ccm betragen; wenn dies der Fall sein sollte, muss die Auflösung concentrirt werden. Dem einen Theil wird Hefe zugesetzt (Auflösung IV) und diese wird gleichzeitig mit dem anderen Theil (Auflösung III) in den Thermostat gestellt. Gleichzeitig werden auch 25 ccm der ursprünglichen Auflösung (Auflösung I) und 25 ccm derselben + $^1/_2$ ccm Hefe (Auflösung II) hingestellt. Der Aufenthalt im Thermostat variirt zwischen 12 bis 24 Stunden und die Temperatur wird auf ca. 30° gehalten.

Alle Proben werden gleichzeitig herausgenommen und bis auf 50 ccm verdünnt, worauf das Reductionsvermögen durch Titrirung mit Sachse's Flüssigkeit (eine alkalische Jodquecksilber-jodkaliumauflösung) bestimmt wird. Die Titre ist mit einer Auflösung von reinem Traubenzucker von bekanntem Gehalt gestellt.[1]

Das Reductionsvermögen der Auflösung ist, wie schon früher bemerkt, so berechnet, als ob es Traubenzucker wäre.

---

[1] Der Traubenzucker war in Carlsberg's Laboratorium hergestellt.

Wie man aus nachfolgender Tabelle ersehen wird, sind die Versuche mit Aetherextracten von Leber, Serum und Blut angestellt worden. Die Lebern werden unmittelbar, nachdem die Thiere durch Coupieren des verlängerten Markes getödtet worden sind, herausgenommen und in einem Porzellanmörser so fein als möglich zerrieben, mit Alkohol aufgeschlemmt und in zugedeckten Gläsern hingestellt. Alle Manipulationen werden so schnell als möglich ausgeführt und fünf Minuten, nachdem das Thier getödtet worden ist, ist die Leber schon mit Alkohol hingestellt.

Das Serum ist aus Ochsenblut gewonnen. Nachdem das Blut einen Augenblick nach dem Halsschnitt gelaufen, wurde es in sterilisirten Centrifugegläsern aufgefangen; diese werden zwei Stunden lang in die Kälte gestellt, worauf das Serum durch Centrifugirung gewonnen wird. Dieses wird nun mit dem fünffachen Volumen Alkohol (94 Procent) vermischt. Das weitere Verfahren ist wie früher. Natürlich bekommt man auf diese Art kein vollständig steriles Serum, aber man entgeht doch einer zu ausgiebigen Infection mit Bakterien, die möglicherweise die reducirenden Stoffe während des Hinstellens des Blutes zerstören oder verwandeln könnten.

Das Blut ist durch eine in die Arteria carotis oder Arteria femoralis eingelegte Canüle direct in ein fünffaches Volumen Alkohol geleitet worden. Das weitere Verfahren war das frühere.

Tabelle I.

Versuch mit Leberextract.

Versuchsnummer		Kaninchen		Hund			
		Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
Auflösung	I.	0·112	0·189	0·050	0·165	0·204	0·400
„	II.	?	?	0·044	0·041	0·077	0·120
„	III.	0·109	0·227	0·053	0·165	0·200	0·396
„	IV.	0·031	0·100	0·022	Spur	0·050	0·060

Versuch mit Serumextract.

Versuchsnummer		Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
Auflösung	I.	0·010	0·016	0·027	0·015	0·009
„	II.	0·009	?	Spur	Spur	0
„	III.	0·020	0·020	0·028	0·015	0·008
„	IV.	Spur	0·010	Spur	Spur	0

Versuch mit Blutextract.

Versuchsnummer	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6
Auflösung I.	0·118	0·119	0·075	0·056	0·073	0·027
„ II.	0·042[1]	0·031	0·025	0·008	0·036	0·012
„ III.	0·137	0·146	0·074	0·056	0·073	0·032
„ IV.	0·023	—	0·010	0·006	0·014	0·012

Im Versuch Nr. 6 ging viel Blutextract verloren durch die Filtrirung von Barytsalzen. Auflösung III soll also ein grösseres Reductionsvermögen haben.

Wenn man nun in der Tabelle Nr. I die Werthe der Auflösung I mit denen der Auflösung III vergleicht, so findet man, dass das Reductionsvermögen in einigen Fällen gestiegen ist, und zwar namentlich bei den Versuchen mit Blut. Um das Factum zu erklären, ist es wohl kaum nothwendig anzunehmen, dass der in Aether auflösbare Stoff das Reductionsvermögen wechsle, je nachdem er mit Säure behandelt wird. Wahrscheinlicher ist es anzunehmen, dass sich nebst diesem in der Leber und dem Blute auch ein in Aether auflösbarer, aber nicht reducirender Stoff findet, der, indem er mit Säure behandelt wird, in einen anderen Stoff übergeht, der reduciren kann.

Um den in der Auflösung III vorkommenden reducirenden Stoff näher zu untersuchen, handelte ich auf folgende Art:

Aus 6 Kaninchenlebern wurde ein Aetherextract dargestellt, der mit Schwefelsäure und Barythydrat auf die schon erwähnte Art behandelt wurde. Die Erwärmung mit Säure dauerte jedoch eine halbe Stunde und der Kolben, worin dies vorging, war in kochendes Wasser gesenkt. Dieses wird nun mit basischem essigsaurem Bleioxyd gefällt. Im Filtrat wird der Ueberschuss von Blei durch Schwefelwasserstoff ausgeschieden, und aus dem Filtrat von dem ausgeschiedenen Schwefelblei wird der Schwefelwasserstoff durch Durchleitung von Luft ausgetrieben.

Die Auflösung, die die Fehling'sche Flüssigkeit reducirte, war vollständig wasserhell; sie wurde bei 45 bis 50° stark im Vacuum concentrirt, wodurch sie eine schwach gelbliche Färbung annahm. Als sie im Polarisationsapparate untersucht wurde, zeigte es sich, dass sie den Polarisationsplan nach rechts dreht. Das Verhältniss zwischen dem Drehungs- und Reductionsvermögen wurde nicht untersucht, da

[1] Die Reduction war nach 12 Stunden Aufenthalt im Thermostaten 0·048, nach 36 Stunden 0·042.

die Auflösung zu einem anderen Zwecke verwendet werden sollte. Die Auflösung wird nun bis zur Trockenheit eingedampft, wobei ein bräunlicher Rest zurückbleibt. Dieser wird wiederholt mit Aether durchgeschüttelt, bis er bei Verdampfung keinen Rest hinterlässt. Die sämmtlichen Aetherauszüge werden bis zur Trockenheit eingedampft, wobei ein Rest bleibt, der nicht reducirt.

Man sieht hieraus, dass der reducirende Stoff, nachdem er mit Säure behandelt ist, in Aether nicht mehr auflösbar ist.

Nach der Mischung mit Aether wird das zurückgebliebene in 50 ccm Wasser aufgelöst und es werden 2·5 g Fenylhydrazin und 1·4 g Eisessig hinzugesetzt. Die Auflösung wird in Reagensgläsern in kochendem Wasserbade erwärmt. Nach Verlauf von einer halben Stunde scheiden sich gelbbraune Krystalle aus, was auch geschieht, nachdem die Auflösung abgekühlt ist. Unter dem Mikroskop zeigen sich diese als Bündel von Nadeln, worin kleine theerige Partikeln hängen. Die Krystalle werden abfiltrirt und die Erwärmung wiederholt, wobei sich noch mehr Krystalle ausscheiden, die wieder nach der Abkühlung abfiltrirt werden; dieser Process wird dreimal wiederholt.

Die ausgeschiedenen Krystalle wurden in der geringsten Quantität kochenden Alkohols aufgelöst; die Auflösung wurde filtrirt und 25 Procent destillirtes 30 bis 40° warmes Wasser zugesetzt. Hierdurch schieden sich nun wieder Krystalle aus, die wieder auf dieselbe Art umkrystallisirt wurden. Der Schmelzpunkt der Krystalle wurde auf 200 bis 202° festgestellt, aber bei der nächsten Krystallisirung stieg der Schmelzpunkt auf 204 bis 205°, wobei es auch bei den zwei nächsten Krystallisirungen blieb.

Auf dieselbe Art wurde ein Osazon des Aetherextractes von Blut dargestellt; hierzu wurden ca. 1500 ccm Hundeblut verwendet. Die Erwärmung im Wasserbad mit Schwefelsäure dauerte aber nur eine Viertelstunde, da die Auflösung um diesen Zeitpunkt braunroth wurde und die ausgeschiedenen Klumpen anfingen sich aufzulösen. Die Farbe schwand beinahe vollständig bei der Zusetzung von basischem essigsaurem Bleioxyd. Das Filtrat vom Schwefelblei wurde nicht bis zur Trockenheit eingedampft, sondern nur stark concentrirt, worauf Fenylhydrazin und Eisessig hinzugesetzt wurde. Ich bekam nun einen Osazon, dessen Schmelzpunkt sich constant auf 204 bis 206° hielt.

Es kann also aus dem in Aether auflösbaren Stoff ein anderer Stoff dargestellt werden, der gleichfalls reducirt, der in Aether unauflösbar ist, der (siehe Tabelle I) gährungsfähig ist, der den Polarisationsplan nach rechts dreht und der mit Fenylhydrazin ein Osazon bildet, das bei 204 bis 206° schmilzt.

Es ist daher eine grosse Wahrscheinlichkeit vorhanden, anzunehmen, dass dieser Stoff „Glucose" ist. Inwiefern neben diesem Stoffe auch noch andere reducirende Stoffe vorhanden sind, will ich noch näher besprechen, wenn ich erst die Gährungsversuche mitgetheilt habe.

Bevor ich zu diesen übergehe, werde ich erst eine Beobachtung von Blaile[1] kurz besprechen, die uns zeigt, dass auch er bemerkt hat, dass die Reductionsfähigkeit des Blutes bei Säurebehandlung steigen kann. Er sagt nämlich, er habe gesehen, wie beim Kochen mit Schwefelsäure des Serums der Vena porta eines Hundes, der auf Kohlehydratdiät gesetzt war, das Reductionsvermögen von 0·375 Procent bis auf 0·500 Procent gestiegen sei, ohne dass es möglich gewesen wäre, im Serum das Vorhandensein von Dextrin nachzuweisen.

Diese Steigerung im Reductionsvermögen könnte ja möglicherweise dem Glycogen zugeschrieben werden, aber es ist ebenso wahrscheinlich, dass sie von dem in Aether auflösbaren Stoffe herrührt, der nach der Erwärmung mit Säure reduciren kann. Wenn wir nun das Reductionsvermögen der Auflösungen II und IV betrachten, so sehen wir, dass es immer ein geringeres war, als in den Auflösungen I und III. Es ist also sowohl in der Auflösung II wie IV ein Theil des reducirenden Stoffes weggegohren, aber es ist doch ein deutlicher Unterschied in der gegohrenen Menge, indem Auflösung II (wenn man die Serumversuche und die Blutversuche Nr. 2 ausnimmt) immer kräftiger reducirt als die entsprechende Auflösung IV.

Dieses Verhältniss wird in der untenstehenden Tabelle II näher beleuchtet, die nämlich diejenigen Versuche mit Leber und Blut enthält, wo ein Vergleich dieser Verhältnisse überhaupt möglich ist. Die Versuche in der Tabelle I, Nr. 1, 2, 3, 4 und 5, mit Serum zeigen uns dagegen, dass kein Unterschied in der Gährungsfähigkeit der Auflösungen II und IV ist.

Möglicherweise wird das abweichende Verhalten des Serums durch die Zeit bewirkt, die verfliesst, bis das Serum in Arbeit genommen werden kann. Wenn dies der Fall wäre, müsste man wohl dasselbe vom Blut erwarten, das dieselbe Zeit gestanden hat. Ich habe diese Sache nicht untersucht, da sie die reducirenden Stoffe im lebenden thierischen Organismus nicht direct berührt, sondern viel eher zu den Untersuchungen über Glycolyse gehört.

---

[1] Ueber den Zuckergehalt des Blutes. *Archiv f. Anatomie u. Physiol.* 1875.

Tabelle II.

Versuchsnummer		Verlust bei der Gährung vor der Säurebehandlung; Procent	Verlust bei der Gährung nach der Säurebehandlung; Procent	Differenz; Procent
Leber	Nr. 3	14	56	42
	„ 4	75	ca. 100	ca. 25
	„ 5	62	75	13
	„ 6	70	85	15
Blut	„ 1	59	81	22
	„ 3	67	87	20
	„ 4	86	89	3
	„ 5	51	81	30

Um die Gährung zu verstehen, die in der Auflösung II vorgeht, untersuchte ich, inwiefern die Invertinmenge der zugesetzten Hefe von Bedeutung wäre. Der Versuch wurde auf folgende Art gemacht: Das in Wasser aufgelöste Aetherextract wurde in vier Theile getheilt: a) b) c) d). a) ist die Auflösung allein, b) ist a) mit Zusatz von Hefe.[1] Zwei Portionen a) wurde eine ebenso grosse Menge eines wässerigen Gährungsextractes zugesetzt. Dies reducirte nicht, enthielt einzelne Gährzellen und invertirte Rohrzucker. Diese zwei Portionen werden zwei Stunden in den Thermostat bei 30° gestellt.

Zu der einen Portion (d) giebt man ebenso viel Hefe wie zu der früheren Portion (b) und die vierte Portion (c) bleibt unverändert.

Alle vier Portionen stehen nun zwölf Stunden im Thermostat.

Bei der Titrirung fand man:

a) 0·400 Procent, b) 0·120 „ } Schwund 70 Procent.

c) 0·326 „ d) 0·096 „ } „ 70 „

Man ersieht hieraus, dass der Schwund zwischen a) und b) einerseits und c) und d) andererseits procentisch gleich ist. Der Schwund zwischen a) und c) ist wahrscheinlich in den wenigen Gährzellen begründet, die im Gährextract gefunden wurden. Es scheint also, als ob die Menge des Invertins keine Rolle spiele. Es ist dagegen aber

[1] Dieser Zusatz geschieht gleichzeitig, als zu d) Hefe zugesetzt wird.

eine grosse Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass die Gährung noch nicht vollendet war, als die Titrirungen vorgenommen wurden. Dass dies der Fall sein kann, sieht man aus dem Blutversuche Nr. 1, wo die Auflösung II nach Verlauf von 12 Stunden 0·048 Procent ergiebt, während eine analoge Probe, die 36 Stunden stand, bis auf 0·042 Procent fiel. Da die entsprechende Auflösung I aber 0·118 Procent ergiebt, so geht deutlich daraus hervor, dass die Gährung bei diesem Versuche zum grössten Theil in der ersten Zeit stattfand. Um diese Frage näher zu untersuchen, wurde eine wässerige Auflösung des Aetherextractes von einer Hundeleber in fünf gleich grosse Theile getheilt, die gleiche Menge Hefe wurde hinzugesetzt; die Titrirung ergab zu verschiedenen Zeitpunkten wie folgt:

gleich	zeigte	die	Auflösung	.	.	.	.	.	.	0·093 Proc.,
nach	Verlauf	von	6	Stunden	zeigte	die	Auflösung			0·035 „
„	„	„	$10^1/_2$	„	„	„	„			0·033 „
„	„	„	24	„	„	„	„			0·029 „
„	„	„	50	„	„	„	„			0·020 „

Auch aus diesem Versuche geht hervor, dass die Gährung im Anfang eine viel kräftigere ist, als später. Ich habe zu wiederholten Malen versucht, ob es möglich sei, aus der Auflösung II die ganze Menge des reducirenden Stoffes wegzugähren, aber dieser ist erst nach Verlauf von vier- oder sechsmal 24 Stunden verschwunden und der Geruch der Auflösung zeigte dann, dass die Verwesung eingetreten war.

Bei Auflösung IV geschieht wohl die Gährung schneller, aber auch hier ist es mir nicht gelungen, bei der jetzt angewandten Behandlungsmethode die ganze reducirende Stoffmenge wegzugähren, bevor Verwesung eintrat.

Man könnte vielleicht hieraus schliessen, dass gleichzeitig mit dem gährungsfähigen reducirenden Stoffe auch ein anderer Stoff vorhanden ist, der wohl reducirt, aber nicht gährungsfähig ist. Ich glaube aber kaum, dass dies der Fall ist; denn als ich bei zwei Versuchen (einer Hunde- und zwei Kaninchenlebern) die Säurebehandlung des Aetherextractes, der in einem Kolben in heissem Wasser versenkt war, längere Zeit fortsetzte (eine halbe Stunde), bekam ich eine Auflösung, die, nachdem sie 18 Stunden mit Hefe stand, keine Reduction mit Fehling's Flüssigkeit gab, und nur eine ganz schwache Spur von Reduction mit Sachse's

Es besteht deshalb wohl hinreichender Grund anzunehmen, dass die Behandlung mit Säure in den vorhergehenden Versuchen nicht

energisch genug war, so dass die Abspaltung der Glucose nur unvollständig geschah.

Dass Auflösung II überhaupt zu gähren vermag, liegt, glaube ich, daran, dass die Hefe die Glucose erst ausspaltet und hierauf die Gährung veranlasst. Nach und nach werden die Wirkungen der Hefe schwächer, wahrscheinlich weil die Nahrungsflüssigkeit ungünstiger geworden ist, und zuletzt hört die Wirkung ganz auf. Der Gährungsrest in der Auflösung IV wird auf dieselbe Art erklärbar sein.

Wenn man die hier besprochenen in Aether auflösbaren Stoffe mit anderen zusammenstellen wollte, müsste es wohl am ehesten mit Stoffen wie Cerebrinen, Glycoprotëiden oder ähnlichen geschehen, die bei Behandlung mit Säure einen reducirenden Stoff abspalten. Nehmen wir z. B. zur Vergleichung das von Hammersten[1] untersuchte Pankreasproteïd, so reducirt dies an und für sich nicht, ergiebt aber beim Kochen mit Schwefelsäure einen reducirenden Stoff, der doch nicht Glucose ist. Uebrigens weiss ich durch eine persönliche Mittheilung von Prof. Hammersten und durch eigene Erfahrung in seinem Laboratorium, dass das genannte Proteïd durch Erwärmung mit Natronhydrat so gespalten wird, dass sich eine weniger complicirte Verbindung bildet, die den reducirenden Stoff enthält, während ein Theil (das Albumin) in die Auflösung übergeht.

Es kommt mir in Analogie hiermit vor, als ob es möglich wäre, dass beim Kochen des in Aether auflösbaren Stoffes mit der Fehling'schen Flüssigkeit eine Spaltung durch das Alkali veranlasst wird und dass diese so intensiv ist, dass das Kohlehydrat frei wird und hierauf reducirend wirkt.

Als Resultat der vorhergehenden Untersuchung werde ich daher Folgendes feststellen:

I. In der Leber und dem Blute ist ein in Aether auflösbarer Stoff zu finden, der bei Behandlung mit Schwefelsäure Glucose giebt.

II. Der Stoff kann gähren.

Hierzu kommt noch, dass sowohl in der Leber als im Blute möglicherweise ein Stoff vorhanden ist, der nicht reducirt, der in Aether auflösbar ist, der aber nach Behandlung mit Schwefelsäure reducirend wirkt.

Da aber die Vermuthung der Anwesenheit dieses Stoffes ausschliesslich auf der Steigerung des Reductionsvermögens bei Behandlung mit Säure beruht, so ist in Folge des oben Angedeuteten die Möglichkeit

---

[1] *Zeitschrift f. physiol. Chemie.* Bd. XIX.

vorhanden, dass es kein neuer Stoff ist, sondern dass die Spaltung in der Auflösung I mit dem Alkali in der Titrirflüssigkeit nicht vollständig gewesen ist und die Reduction aus diesem Grunde eine geringere geworden ist, als in der Auflösung III, wo die Spaltung theils schon früher durch Säurebehandlung geschehen ist.

Die erste Beobachtung, dass in der Leber und dem Blute ein in Aether auflösbarer Stoff vorhanden ist, rührt von Drechsel und Baldi her, die diesen Stoff „Jecorin" nennen. Wenn ich diesen Namen in dem Vorhergehenden nicht benutzt habe, so ist der Grund hierzu dieser, dass das Jecorin möglicherweise ein Laborationsproduct ist, das durch die vielen Reinigungen des Aetherextractes hervorgerufen ist, die vorgenommen werden müssen, um ein Product von einigermassen constanter Zusammensetzung zu erzielen. Dies wird auch von beiden Verfassern selbst als eine Möglichkeit hingestellt.

Ueber den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes.[1]

Von

Dr. med. Frits Tobiesen.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität in Kopenhagen.)

§ 1. Einleitung.

Der Begriff des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes ist von Bohr aufgestellt. In zwei Abhandlungen[2] veröffentlicht er die Ergebnisse, welche ihn zu dem Schluss geführt haben, dass das Hämoglobin pr. Gramm Eisen nicht immer dieselbe Sauerstoffmenge bindet, und um ein Mass zu haben für das Vermögen des Blutes resp. des Hämoglobins, Sauerstoff zu binden, stellt er den Begriff „der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes" auf, worunter er die Sauerstoffmenge versteht, welche vom Blute (Hämoglobin) pr. Gramm Eisen bei 15° und 760 mm Druck aufgenommen wird.

Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist — wie von Bohr gezeigt — verschieden in dem arteriellen Blute verschiedener Individuen, verschieden in dem arteriellen und venösen Blute desselben Individuums, indem er im arteriellen Blute stets niedriger als im venösen befunden wurde. Er kann sich mittels verschiedener Eingriffe in demselben Individuum verändern, indem er theils steigen, theils fallen kann.

Die physiologische Bedeutung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes ist die, dass er ein Regulationsmittel für die Sauerstoffspannung in den Geweben des Organismus abgiebt, so dass die Zellen der Gewebe zu jeder Zeit unter möglichst günstigen Verhältnissen ihre Umsetzungen abspielen.

---

[1] Der Redaction zugegangen den 6. Juli 1895.

[2] Chr. Bohr, *Sur les combinaisons de l'hémoglobine avec l'oxygène. — Sur la teneur spécifique du sang en oxygène. Extrait du Bulletin de l'académie royale danoise des sciences et des lettres.* Copenhague 1890.

Indem das Blut die Capillaren des Körpers durchströmt, verbrauchen die Zellen der Gewebe den Sauerstoff des Plasmas und bewirken dadurch eine Abnahme der Sauerstoffspannung; der Sauerstoff des Hämoglobins, der in den Blutkörperchen enthalten ist, wird dann in das Plasma hinaustreten, indem die Gestalt der Blutkörperchen durch ihre grosse Oberfläche ein solches Austreten sehr begünstigt. Durch dieses Austreten wird die Sauerstoffspannung des Plasmas und des Hämoglobins ausgeglichen, während es auf der Hand liegt, dass ihr absoluter Werth niedriger ist, als beim Einströmen des Blutes in die Capillaren. Diese Sauerstoffspannung wird durch erneuten Verbrauch seitens der Gewebezellen noch ferner abnehmen, eine Ausgleichung der Spannung des Plasmas und des Hämoglobins durch Austreten von Sauerstoff aus letzterem wird erfolgen, aber die Sauerstoffspannung des Plasmas und somit die dem Gebrauch der Gewebezellen zur Verfügung stehende Sauerstoffmenge wird sehr vermindert sein, und es wird den Zellen am Ende der Capillaren schwerer fallen, den nothwendigen Sauerstoff zu bekommen. Dieser Sachlage wird nun durch eine Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes abgeholfen. Denn es besteht ein umgekehrtes Verhältniss zwischen der Sauerstoffspannung und dem specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes: je grösser der letztere, um so geringer ist — wenn alle anderen Verhältnisse die gleichen sind — die Sauerstoffspannung und umgekehrt. Eine Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes wird daher ein Zunehmen der Sauerstoffspannung bewirken, und bei einer bestimmten Grösse dieser Abnahme wird die hierdurch herbeigeführte Zunahme der Sauerstoffspannung eine solche sein, dass die Spannungsabnahme durch den Verbrauch der Gewebezellen gänzlich aufgehoben wird. Umgekehrt wird eine Zunahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes eine Spannungsabnahme in den Geweben bedingen, wodurch die respiratorischen Bedingungen der Zellen beeinträchtigt wurden.

Die Veränderung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes kann durch eine Wirkung seitens der Gewebezellen erzeugt gedacht werden. Um das Hämoglobin zu verändern, wird durch die Gewebezellen eine Substanz secernirt, welche auf das durchströmende Blut solchermassen wirkt, dass der specifische Sauerstoffgehalt verändert wird. Die Richtung und Grösse der Hämoglobinveränderung wird durch den augenblicklichen Bedarf der Zellen bestimmt.

Aus dem oben Auseinandergesetzten wird erhellen, dass je grösser der Sauerstoffverbrauch in den Geweben pr. Gramm Hämoglobin ist, desto tiefer sinkt die Sauerstoffspannung des Blutplasmas und desto ungünstiger sind die respiratorischen Bedingungen der Gewebezellen.

Denselben Verbrauch vorausgesetzt, kann der Organismus auf zweifache Weise eine zu grosse Abnahme der Sauerstoffspannung verhindern: 1) durch eine Vermehrung des die Gewebe durchströmenden Blutes; 2) durch eine Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes.

In den von Bohr über den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes angestellten früheren Versuchen wurde derselbe sowohl an normalen Individuen untersucht, als auch an solchen, welche ausserdem verschiedenen Eingriffen: Aderlässen, Einathmung sauerstoffarmer Luft und Vergiftungen unterworfen wurden. Die von mir angestellten Versuche sind theils innerhalb derselben Rahmen unternommen worden, die gewonnenen Ergebnisse completirend und ergänzend, theils habe ich die Wirkung einzelner neuer Eingriffe auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes untersucht.

§ 2. Das Versuchsverfahren.

Die Versuche, welche später angeführt werden, sind alle an dem lebendigen Organismus angestellt worden. Die Versuchsthiere waren grösstentheils Hunde, nur einzelne Versuche sind an neugeborenen Kälbern ausgeführt worden.

Das Arterienblut hat man verschafft, indem man in eine Arterie eine Canüle einfügte, wodurch dann die Entleerung erfolgte; um das venöse Blut zu gewinnen, wurden besondere Massregeln angewandt. Die venösen Blutproben wurden sämmtlich durch in die betreffenden Gefässe hineingelegte Katheter aspirirt.

Was den rechten Ventrikel des Herzens anbetrifft, wurde in denselben ein langer metallener Katheter durch die Vena jugularis externa eingeführt. Die Proben wurden aus der Vena cava inf. gewonnen, indem elastische Katheter durch die entblösste V. cava inferior in dieselbe eingeführt wurden; das Blut konnte dann die Vene an dem eingelegten Katheter ungehindert durchströmen. Bei mehreren Versuchen wurden zwei Blutproben von verschiedenen Orten der Vene gleichzeitig genommen, die eine Probe wurde dann aus dem oberen Theil der V. cava genommen, nachdem die V. hepatica ihr Blut ausgegossen hatte, die andere aus der unteren oberhalb der Bifurcatur. Bei solchen Versuchen wurden zwei Katheter eingeführt, einer durch jede V. femoralis. Um sich zu versichern, ob der in den rechten Ventrikel eingeführte Katheter sich auch wirklich dort befinde, wurde er, wenn man vermuthete, dass er sich in seiner Lage befinde, mit einem Quecksilbermanometer verbunden. Wenn der Katheter sich in dem Ventrikel befand, wurde das Quecksilber durch die Ventrikelsystole in

rhythmische Bewegungen versetzt. Diese Bewegungen konnten mit denen nicht verwechselt werden, welche gleich auftraten, nachdem der Katheter in die V. jugularis eingeführt war, und welche durch die Athmung bewirkt wurden.

Die Coagulation des Blutes in dem Katheter während der Zeit, die nothwendigerweise zwischen seiner Einführung und der Aspiration der Blutproben verstreichen musste, wurde verhindert, indem die Katheter, mit Blutegelinfus angefüllt und auswendig mit demselben benetzt, eingeführt wurden. Bei der Aspiration der Blutprobe wurde dann der Katheter durch Aussaugung sorgfältig mit Blut gespült, ehe die definitive Probe genommen wurde. Bei diesem Verfahren ist die Aussaugung der Proben immer ohne Schwierigkeiten von statten gegangen.

Die Blutproben wurden direct aus dem Thiere in sterilisirte Gläser aufgenommen, worin sie defibrinirt wurden. Sie wurden dann alle durch Leinwand filtrirt, und wenn sie nicht sogleich in Arbeit genommen wurden, auf Eis gestellt.

Die Bestimmung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes geschieht nun durch eine quantitative Analyse des Eisens und eine absorptiometrische Bestimmung der respiratorischen Capacität.

Die Eisenbestimmung wird in 40 ccm Blut durch Eintrocknen und Einäscherung unternommen. Das Eisen wird darauf in Salzsäure gelöst und man titrirt die so gebildete Lösung mit einer Lösung von hypermangansaurem Kali.

Die Bestimmung der respiratorischen Capacität scheidet sich in drei Abtheilungen: die Schüttelung des Blutes mit Luft, das Auspumpen der Blutgase und die Analyse dieser Gase.

Um verglichen werden zu können, müssen alle Proben unter demselben Druck und derselben Temperatur geschüttelt werden. Dieses hat man durch folgende Vorrichtungen erreicht. Die Schüttelung geschieht mittels eines Motors, der alle Proben mit derselben Stärke schüttelt, während eine Wasserluftpumpe einen gleichmässigen und für die verschiedenen Blutproben immer gleich kräftigen Luftstrom durch die Flüssigkeit saugt. Das Verdampfen von Wasser im Blute während dieser Durchleitung erwies sich durch wiederholte Bestimmungen der Trockensubstanz vor und nach der Schüttelung als höchst unbedeutend; es wurde indessen gänzlich vermieden, indem die Luft vor ihrem Eintreten ins Blut eine Flasche mit destillirtem Wasser durchströmte.

Die Zeit, während welcher die Blutproben geschüttelt wurden, war für alle Proben dieselbe, 20 Minuten, und diese Zeit ist durchaus hinlänglich, um das Blut vollständig mit Sauerstoff zu sättigen. Da das Vermögen des Hämoglobins und des Blutes, Sauerstoff aufzunehmen, von

der Temperatur abhängt, wurde diese während der Schüttelung constant auf 15° gehalten, indem der Kolben, der das Blut enthält, während der Schüttelung in Wasser von 15° gesenkt wurde; man ist somit sicher, dass das Blut während der Schüttelung immer dieselbe Temperatur hat.

Das Auspumpen der Blutgase wurde mittels der Hagen'schen Luftpumpe unternommen. Die Form dieser Pumpe, welche im Laboratorium im stetigen Gebrauch ist, findet sich abgebildet und beschrieben in einer Abhandlung, die ehedem von dem Laboratorium ausgegangen[1] ist.

Die Gasanalyse wurde mittels des Petterson'schen, von Bohr modificirten, Apparates angestellt. Der Vortheil, welchen dieser Apparat bietet, ist eine grosse Genauigkeit, mit Einfachheit der Handhabung verbunden, so dass man nach einiger Uebung eine durchaus genaue Gasanalyse mit Leichtigkeit in weniger als einer halben Stunde ausführen kann. Der Hauptvortheil des Apparates ist indessen der, dass er eine ganze Reihe von Bestimmungen in geradezu unbegrenzter Menge nach einander erlaubt, ohne dass es nothwendig ist, Druck und Temperatur bei jeder einzelnen abzulesen, sondern nur bei der ersten, indem der Apparat so construirt ist, dass Druck und Temperatur während sämmtlicher Bestimmungen unverändert bleiben. Da der Apparat in seiner hier angewandten Form nirgends beschrieben ist, wird unten eine Beschreibung folgen, nebst einer Angabe der Kunstgriffe, welche nothwendig sind, um die Analyse auf rechte Weise auszuführen.

Der Apparat wird von der Firma Franz Müller, Dr. H. Geissler's Nachfolger, Bonn a. Rh., mit ausgezeichneter Accuratesse verfertigt.

Die Buchstaben in dem nachfolgenden Text beziehen sich auf die der Abbildung.

Die Gase werden in einer genau graduirten Bürette gemessen, welche ca. 30 ccm aufnehmen kann. Nach unten steht die Bürette durch ein Stück dickwandigen Gummischlauches luftdicht mit einem Glasrohre in Verbindung. Dieses Glasrohr trägt einen Hahn 7 und ist mit einem langen Gummischlauch verbunden, welcher einen Quecksilberbehälter *K* trägt; wenn dieser gehoben wird, füllt sich die Bürette mit Quecksilber; wird er wieder gesenkt, so übt das sinkende Quecksilber eine Aspiration in der Bürette aus. Nach oben hat die Bürette einen Hahn *H* mit zweifacher Bohrung. Die eine dient dazu, die Bürette mit einem Glaskreuz, mit dem sie zusammengeschmolzen ist, in Verbindung zu setzen. Die andere Bohrung geht durch die Längen-

---

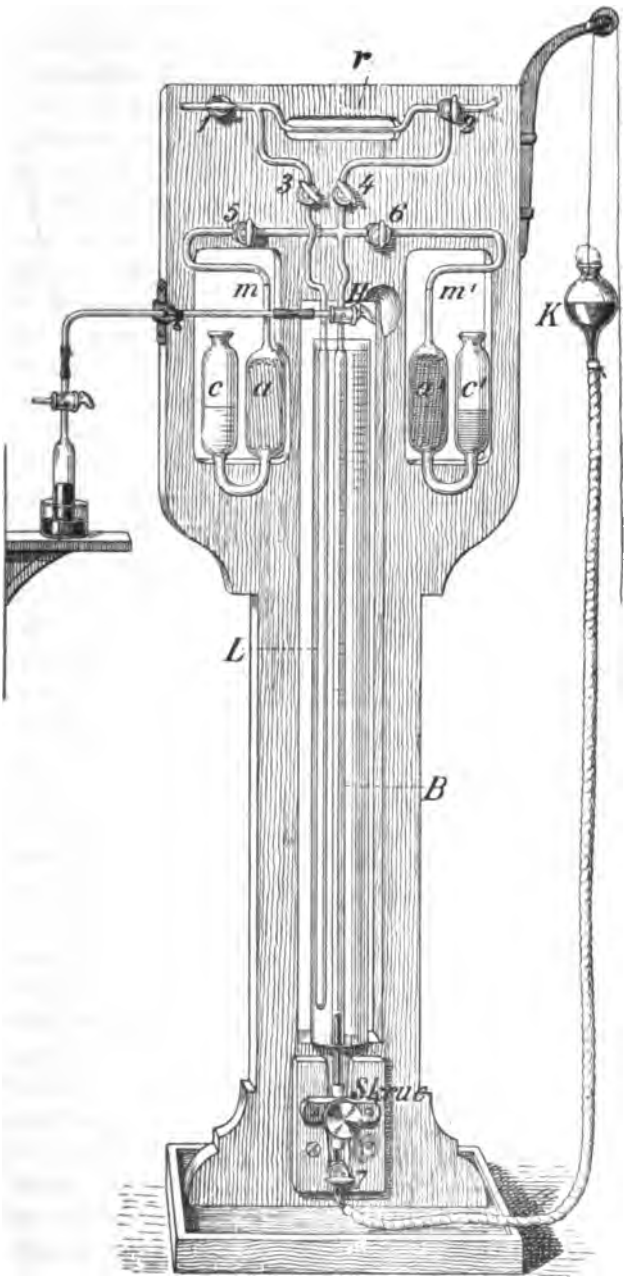
[1] Chr. Bohr und Soph. Torup, *Sur la teneur en oxygène des cristaux d'oxyhémoglobine. Extrait du Bulletin etc.* Copenhague 1890. p. 7.

axe des Hahnpfropfens und setzt mittels eines gebogenen Glasrohres (siehe die Zeichnung Seite 279) die Bürette mit der äusseren Luft in Verbindung; dies ist der Weg, auf welchem die Gase, die analysirt werden, in die Bürette gelangen. Das herabsteigende Rohr des Glaskreuzes führt, wie gesagt, in die Bürette, das aufsteigende trägt einen Hahn (4) und steigt darauf bis zu einem Hahn mit T-Bohrung (2), wodurch es entweder mit der äusseren Luft oder mit dem horizontalen eingetheilten Rohr *r* in Verbindung gesetzt werden kann. Der linke Ast des Kreuzes trägt einen Hahn (5), und führt schliesslich zu dem Behälter *a*. Dieser enthält behufs Vergrösserung der Oberfläche eine Menge senkrecht stehender Röhren und dient dazu, die sauerstoffabsorbirende Flüssigkeit aufzunehmen; diese wird durch den offenen Behälter *c* angefüllt. Desgleichen trägt der rechte Ast den Hahn 6 und die Behälter a^1 und c^1, zehnprocentige Kalilösung enthaltend, um die Kohlensäure zu absorbiren. Das horizontale Rohr *r* trägt rechts den Hahn 2, links den Hahn 1 nebst einem zum Hahn 3 herabsteigenden Rohr. Es enthält einen Tropfen Vaselinöl, welcher ungemein leicht beweglich ist. Das Rohr steht ferner durch das herabsteigende Rohr mit einem vollständig geschlossenen Luftbehälter *L* in Verbindung. Dieser hat ein Volumen von ca. 20 ccm und ist neben der Bürette in ein Cylinderglas mit destillirtem Wasser gesenkt. Durch den Boden des Glases passirt der untere Theil der Bürette.

Die Kalilösung, durch welche die Kohlensäure absorbirt wird, kann längere Zeit hindurch gebraucht werden, die sauerstoffabsorbirende Flüssigkeit muss dagegen jedesmal, wenn der Apparat benutzt wird, frisch bereitet werden.

Die sauerstoffabsorbirende Flüssigkeit ist eine ca. 12 procentige Lösung von sauerem schwefelsäuerlichem Natron mit Schwefelsäuerling gesättigt. Unmittelbar vor dem Gebrauch wird sie unter stetiger Abkühlung mit feinem Feiligt von Zink geschüttelt, bis die Wärmeentwickelung aufgehört hat.

Ist die Bürette nun halb mit Luft gefüllt und mit dem Glaskreuze in Verbindung gebracht, der Hahn 2 so gedreht, dass ausschliesslich zwischen diesem und dem horizontalen Rohre Verbindung ist, die Hähne 7, 6 und 5 geschlossen und 4 offen, so wird jede Bewegung des Quecksilbers in der Bürette eine Verschiebung des Oeltropfens bewirken. Kleine Verschiebungen desselben können ja nicht durch Hebung und Senkung des Quecksilberbehälters geschehen, denn dadurch würde sogleich eine so grosse Druckveränderung bewirkt, dass die Luft den Tropfen zerreissen und nach aussen und innen hindurch passiren würde. Kleine Bewegungen des Tropfens werden daher mittels


r
1
2
3
4
5
6
m
m'
H
K
c
a
a'
c'
L
B
Skrue
7

einer auf den eingeschalteten Gummischlauch wirkenden Schraube („Skrue" siehe die Figur) bewerkstelligt.

Der Apparat wird nun folgendermassen zur Aufnahme einer Analyse bereit gemacht. Die Hähne 1 und 3 werden geöffnet, durch 2 ist das Glaskreuz mit der atmosphärischen Luft in Verbindung, 4 wird geöffnet, die absorbirenden Flüssigkeiten aufgegossen und mittels Aspiration durch die Bürette auf m und m^1 gestellt, die Hähne 5 und 6 werden geschlossen. Der ganze Apparat wird darauf mit Stickstoff gefüllt, indem man in die Bürette atmosphärische Luft hineinsaugt, deren Sauerstoff und Kohlensäure auf dieselbe Weise absorbirt werden, wie es unten bei der Ausführung der Analyse besprochen wird. Man nimmt so viel Luft herein, dass man, wenn einige Cubikcentimeter Stickstoff durch den Hahn 2 ausgetrieben worden sind, noch ca. 10 ccm im Apparat behält. Nachdem der überflüssige Stickstoff durch den Hahn 2 hinausgetrieben ist, wird dieser sofort so gedreht, dass nur zwischen der Bürette und dem Rohre r Verbindung stattfindet. Man liest dann das Barometer ab und mischt sorgfältig das Wasser des Wasserbehälters, um überall dieselbe Temperatur zu haben; diese wird abgelesen, und indem man den Hahn 1 schliesst, markirt man die Stelle des Oeltropfens im Rohre r. Das Gasvolumen der Bürette wird nun abgelesen, während die Hähne 3 und 4 stets offen sind, und indem man darauf Acht giebt, dass der Oeltropfen unbeweglich an der markirten Stelle bleibt. Man hat nun zwischen der Luft der Bürette und der des Luftbehälters das Gleichgewicht hergestellt. Da die Luft des letzteren unter dem Druck der Atmosphäre stand und die Temperatur des Wassers hatte, ist das Gasvolumen genau unter diesem Druck und bei dieser Temperatur abgelesen, und wenn die Hähne 1 und 2 verschlossen bleiben, werden alle nachfolgenden Bestimmungen ebenfalls unter diesem Druck und bei dieser Temperatur stattfinden.

Nach der Bestimmung werden die Hähne 3 und 4 geschlossen; wird dies unterlassen, so geht die Analyse verloren, weil der Oeltropfen zerplatzt, denn man treibt jetzt, indem man den Quecksilberbehälter hebt, die Luft aus der Bürette in den Behälter a^1 hinüber. Die Hähne 3 und 4 müssen geschlossen werden, bevor der Hahn 6 geöffnet wird, denn sonst wird von a^1 aus eine Aspiration erfolgen, welche gleichfalls den Tropfen zersprengen wird. Sind diese Gefahren vermieden, so treibt man das Quecksilber so weit in die Bürette hinauf, dass die Bohrung des Hahnes H gänzlich gefüllt wird, und derselbe wird dann so gedreht, dass die Bürette mit der Luft in Verbindung kommt. Der Hahn 6 wird vorher geschlossen. Die Gase, die analysirt werden, sind folgendermassen in die Bürette gebracht.

Der Behälter, der sie einschliesst, wird mittels eines Gummischlauches luftdicht mit dem gebogenen Glasrohr verbunden, und der, auf dem Behälter befindliche, zweifach durchbohrte Hahn wird so gestellt, wie die Figur es anzeigt; die zweite Bohrung ist im voraus gänzlich mit Quecksilber gefüllt. Man treibt jetzt die Luft und einige Tropfen Quecksilber durch die axiale Bohrung des Hahnpfropfens des Luftbehälters heraus, indem man den Quecksilberbehälter *K* hebt, dann wird die andere Bohrung hervorgedreht, wodurch die Gase des Luftbehälters mit der Bürette in Verbindung kommen. Senkt man nun *K*, so werden die Gase in die Bürette hinübergesogen; darauf wird *H* so gedreht, dass die Bürette mit dem Glaskreuze in Verbindung kommt, wodurch der kleine, in der Hahnbohrung sitzende Quecksilbertropfen von selbst herausfällt. Der Druck in der Bürette wird nun dem der Atmosphäre gleich gemacht, indem man die Oberfläche des Quecksilberbehälters im Niveau mit dem des Quecksilbers in der Bürette hält, während der Hahn 7 offen steht. Man öffnet darauf vorsichtig die Hähne 3 und 4 (den einen nach dem anderen) und bringt mittels der Schraube den Oeltropfen an seinen Platz, mischt das Wasser und liest das Gasvolumen ab, wenn der Tropfen richtig an Ort und Stelle ist. Darnach werden 3 und 4 geschlossen und die Gase nach a^1 gebracht, wo die Kohlensäure absorbirt wird, in die Bürette zurückgesogen und ihr Volumen abgelesen; nachdem 3 und 4 geöffnet, 6 vorher geschlossen ist. Man macht dann 3 und 4 wieder zu, und die Gase werden in *a* hinübergebracht, wo der Sauerstoff absorbirt wird. Die Absorption des Sauerstoffes nimmt im Vergleich mit der der Kohlensäure etwas Zeit in Anspruch; man muss die Luft in *a* bewegen und mischen, was man erzielt, indem man sie wiederholt in die Bürette und nach *a* zurückbringt, während man Acht giebt, dass die Absorptionsflüssigkeit nicht höher als bis *m* und m^1 steigt. Je mehr der Sauerstoff absorbirt wird, um so höher steigt das Quecksilber in der Bürette; findet man dann, dass das Quecksilber, nachdem die Luft in *a* gewesen ist, seinen Platz in der Bürette nicht verändert, so nimmt man den Sauerstoff für absorbirt an. Die Luft, die sich jetzt rechts vom Hahn 6 befindet, enthält indessen noch ein wenig Sauerstoff, welcher hier zurückblieb, als die Kohlensäure absorbirt wurde. Um diesen Sauerstoff absorbiren zu lassen, bringt man die Luft aus *a* in die Bürette, schliesst den Hahn 5 und öffnet 6, worauf die Luft in a^1 getrieben wird. Hier wird sie mit der im Rohr befindlichen vollständig vermischt, indem man den Behälter *K* ein paarmal hebt und senkt. Schliesslich wird sie in *a* gebracht, wo der Sauerstoff absorbirt wird. Die Luft in *a* ist dann reiner Sauerstoff, mit Schwefelsäuerlingdämpfen gemischt. Letztere werden

absorbirt, indem die Luft zum letztenmal nach a^1 geführt wird. Ist dies geschehen, so saugt man die Luft in die Bürette und bestimmt ihr Volumen, wie früher erwähnt, nachdem der Hahn 6 zugemacht ist.

Will man nun eine neue Analyse machen, so bringt man den in der Bürette befindlichen Stickstoff nach a^1, schliesst den Hahn 6 und führt die Gase durch den Hahn H ein u. s. w.

Der Apparat verlangt, dass man zu jeder Zeit sehr aufmerksam ist und erinnert, die Hähne zn schliessen, denn sonst zerplatzt der Oeltropfen und die Analyse geht verloren. Ebenso verliert man die Analyse, wenn die Absorptionsflüssigkeiten in die Bürette hinübergesogen werden, und dieses ist noch schlimmer, denn Bürette, Quecksilberbehälter und Röhre müssen dann vor weiterem Gebrauch sorgfältig gereinigt werden. Solches Uebersaugen ereignet sich leicht, wenn man sich nicht versichert, dass die Hähne vor jeder Manipulation richtig gestellt sind, was man doch nach einiger Uebung geradezu unwillkürlich beachtet.

Es soll noch bemerkt werden, dass der Raum in der Bürette feucht gehalten wird, so dass die Ablesungen unter Zulage der Tension des Wasserdampfes für die abgelesene Temperatur gemacht sind.

§ 3. Der Einfluss des Aderlasses auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes.

Unter den Versuchen, welche von Bohr gemacht wurden, um das Verhalten des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes im Organismus zu erhellen, finden sich auch solche, die den Aderlass behandeln. Sie geben uns nur über das Verhalten des arteriellen Blutes nach dem Aderlass Aufschlüsse, aber keine darüber, wie der specifische Sauerstoffgehalt des Arterien- und der des Venenblutes sich einander gegenüber verhalten; die Versuche haben an den Tag gelegt, dass der Aderlass immer eine Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes bewirkt. Diese Versuche sind, wie die von mir angestellten, nach zwei Verfahrungsarten gemacht. Nach dem einen Verfahren lässt man dem Thiere zur Ader und bestimmt in einem Theile des Blutes den specifischen Sauerstoffgehalt, dann wird das Thier während eines oder mehrerer Tage sich selber überlassen, worauf man wieder eine Blutprobe nimmt, deren specifischer Sauerstoffgehalt bestimmt wird. Während der zwischenliegenden Zeit wird das Thier sein Blutvolumen regeneriren und ein oligocythamischer Zustand wird sich einstellen, da die Regeneration der Blutkörperchen innerhalb eines so kurzen Zeitraumes kaum begonnen hat. Nach dem anderen Verfahren hat man dem Thiere erst zur Ader gelassen und dann ebensoviel 0·7 procentige Chlornatriumlösung intra-

venös injicirt, wie man dem Thiere Blut geraubt hatte, und nachdem die Verdünnung des Blutes auf diese Weise bewerkstelligt war, nahm man nach einer halben Stunde, wenn man die Zusammensetzung des Blutes für ausgeglichen annehmen durfte, eine Blutprobe, deren specifischer Sauerstoffgehalt bestimmt wurde.

Das beim Aderlass wirkende Moment ist dieser oligocythamische Zustand, durch die langsame Regeneration der Blutkörperchen und die schnelle Regeneration des Plasmas bewirkt; um den Einfluss dieses Zustandes auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes zu untersuchen, sind die Versuche ausgeführt worden.

Unten sind die Versuche angeführt, welche in dieser Absicht gemacht wurden. Während V. cava die Blutprobe aus dem oberen Theil der V. cava, nachdem das Leberblut zugemischt ist, bezeichnet, giebt V. femoralis die Probe aus dem unteren Theil gleich über der Bifurcatur an.

Versuch 51—52. Hund.

Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist in:

Arteria 386, rechtem Ventrikel 391.

24 Stunden, nachdem man durch Blutprobenentnahme dem Thiere 300 ccm Blut geraubt hatte, werden wieder Proben genommen. Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann in:

Arterie 390, rechtem Ventrikel 369, V. cava 379.

Versuch 57—58. Hund. Gewicht 32 kg, Totalblutmenge ($^1/_{13}$ des Gewichts) 2500 ccm.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 419, rechtem Ventrikel 414, V. cava 429.

48 Stunden nach dem durch die Blutprobeentnahme bewerkstelligten Aderlass von 300 ccm ist der specifische Sauerstoffgehalt in:

Arterie 419, rechtem Ventrikel 401, V. cava 427.

Versuch 59—60. Hund. Gewicht 10 kg, Totalblutmenge 770 ccm.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arteria 387, rechtem Ventrikel 392, V. cava 398.

Nach dem durch die Blutprobeentnahme bewirkten Aderlasse von 300 ccm werden intravenös 300 ccm NaCl-Lösung injicirt. Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann in:

Arterie 389, rechtem Ventrikel 376.

Versuch 63—66. Kalb. Gewicht 40 kg, Totalblutmenge 3000 ccm.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 377, rechtem Ventrikel 379, V. cava 375.

Nachdem man dem Thiere 1200 ccm Blut abgenommen hat, werden intravenös 800 ccm NaCl-Lösung injicirt. Eine halbe Stunde darnach ist der specifische Sauerstoffgehalt in:

Arterie 361, rechtem Ventrikel 358, V. cava 374.

Versuch 62—65. Hund. Gewicht 12 kg, Totalblutmenge 920 ccm. Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:
Arteria 388, rechtem Ventrikel 376.
Dem Thiere wurden 400 ccm Blut entzogen. 10 Tage später ist der specifische Sauerstoffgehalt in:
Arteria 347, rechtem Ventrikel 330.

Versuch 68—69. Hund. Gewicht 50 kg, Totalblutmenge 3900 ccm. Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:
Arteria 397, rechtem Ventrikel 394, V. cava 418.
Dem Thiere werden 600 ccm Blut entzogen. 2 Tage darauf ist der specifische Sauerstoffgehalt in:
Arteria 383, rechtem Ventrikel 378, V. cava 380, V. femoralis 383.
Dann werden dem Thiere wieder 1700 ccm Blut abgenommen, und 1700 ccm NaCl-Lösung werden ihm intravenös injicirt. Nach $^1/_2$ Stunde ist der specifische Sauerstoffgehalt in:
Arteria 352, rechtem Ventrikel 360, V. cava 350, V. femoralis 387.

Versuch 74—75. Hund. Gewicht 21 kg, Totalblutmenge 1600 ccm. Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:
Arteria 395, rechtem Ventrikel 383, V. femoralis 394.
Dem Thiere werden 800 ccm Blut entzogen, dann 700 ccm NaCl-Lösung intravenös injicirt; darauf wieder 400 ccm Blut entzogen und 500 ccm NaCl-Lösung intravenös injicirt. 24 Stunden später ist der specifische Sauerstoffgehalt in:
Arteria 354, rechtem Ventrikel 359, V. femoralis 378.

Versuch 54—55. Hund. Gewicht 12 kg, Totalblutmenge 920 ccm. Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:
Arteria 382, rechtem Ventrikel 385, V. cava 380.
Dem Thiere werden in allem 500 ccm Blut entzogen. 24 Stunden darnach ist der specifische Sauerstoffgehalt in:
Arteria 355, rechtem Ventrikel 393, V. cava 353.
Während dieser Blutentnahme agonisirt das Thier. Die Arterien sind blutleer, contrahirt.

Betrachten wir jetzt die Aufschlüsse, welche diese Versuche uns geben, so finden wir sie mit denen der früheren Versuche übereinstimmend. Der specifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes hat sich bald verändert, bald ist er der nämliche geblieben. Während aber bei den früheren Versuchen, wo der specifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes sich unverändert hielt, keine Wirkung des Aderlasses nachgewiesen werden konnte,[1] sieht man eine solche bei den vorliegenden Versuchen, wenn man den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes des

[1] Bohr, *Sur la teneur spécifique du sang en oxygène.* p. 31.

rechten Ventrikels betrachtet. Man sieht dann, dass der Aderlass den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes auf zweifache Weise beeinflusst, wonach die Versuche in zwei Gruppen zerfallen.

Entweder geht das Sinken des specifischen Sauerstoffgehaltes so vor, wie die 3 zuerst angeführten Versuche es zeigen: der specifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes bleibt unverändert, während er im rechten Ventrikel abnimmt, so dass der Unterschied zwischen dem des Arterien- und dem des Venenblutes vergrössert wird. Oder die Veränderung geschieht andererseits so, dass der specifische Sauerstoffgehalt in der Arterie und dem rechten Ventrikel auf parallele Weise sinkt, wie die 4 letzten Versuche es zeigen.

Dieser Unterschied in der Wirkung des Aderlasses hängt möglicherweise mit einem Unterschied in der Geschwindigkeit des Blutes zusammen. Wie früher auseinandergesetzt, kann der Organismus auf zweifache Weise dem Sinken der Sauerstoffspannung im Blute der Capillaren entgegenarbeiten, dieses hat ja eine Bedeutung für den Organismus, da die Spannungsabnahme den Geweben ungünstigere Bedingungen verschaffen wird. Der Spannungsabnahme wird entgegengearbeitet entweder mittels einer Vermehrung der Menge des die Capillaren durchströmenden Blutes, oder mittels einer Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes. Es liegt deshalb auf der Hand, dass ein Unterschied der Geschwindigkeit des Blutes während der verschiedenen Versuche einen Unterschied der Wirkung des Aderlasses auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes bewirken kann.

Indessen wissen wir gar nichts von der Geschwindigkeit des Blutstromes, nachdem die durch den Aderlass bewirkte Oligocythamie sich entwickelt hat; denn die Versuche, welche, von Volkmann[1] und Dittmar-Finkler[2] herrührend, sich in der Litteratur finden, sind alle gleich nach dem Aderlasse unternommen, wenn die Blutmenge noch nicht wieder hergestellt ist. Dass die Geschwindigkeit des Blutstromes verschieden sein kann, je nachdem die Blutmenge mehr oder minder wieder hergestellt und die Blutgefässe deshalb mehr oder minder contrahirt sind, liegt auf der Hand.

Einen besonderen Platz unter den Versuchen nehmen Nr. 54 und 55 ein. Hier hat der Aderlass eine Abnahme des specifischen Sauerstoffgehaltes des Arterien- und V. cava-Blutes bewirkt. Dieses abweichende Verhalten hängt indessen von den sehr abnormen Verhältnissen ab, unter denen sich dieses Thier befand; es war in Agonie,

---

[1] Volkmann, *Die Hämodynamik.* S. 197.

[2] Dittmar-Finkler, *Archiv für die ges. Phys.* Bd. X, S. 369.

während die Blutproben genommen wurden, und hochgradig anämisch. Kein Wunder dann, dass der specifische Sauerstoffgehalt sich auf eine von der gewöhnlichen so verschiedene Weise verhält.

§ 4. Der specifische Sauerstoffgehalt unter normalen Verhältnissen.

Die früher von Bohr[1] angestellten Versuche über den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes in dem lebenden Organismus, der keine anderen Eingriffe als die Entnahme der Blutproben erlitten hat, haben — wie angeführt — den Aufschluss gegeben, dass der specifische Sauerstoffgehalt in jedem einzelnen Individuum verschieden ist, und dass das arterielle Blut einen höheren specifischen Sauerstoffgehalt als das Venenblut im unteren Theile der Vena cava inferior hat. Die Frage nach den Verhältnissen des specifischen Sauerstoffgehaltes im lebenden Organismus bot also noch verschiedene Lücken dar, unter denen ich einige auszufüllen versucht habe, indem ich gleichzeitige Bestimmungen des specifischen Sauerstoffgehaltes in dem Arterienblute und an verschiedenen Stellen der venösen Seite des Kreislaufes angestellt habe.

Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate derjenigen Versuche, bei denen das Versuchsthier keine anderen Eingriffe erlitt, als die für die Entnahme der Blutproben nothwendigen. V. femoralis bezeichnet wie früher das Venenblut aus dem unteren Theile der V. cava inferior gleich über der Bifurcatur. (Siehe die Tabelle Seite 287.)

Es wird aus der Tabelle ersichtlich sein, dass der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes, wie früher festgestellt, variabel, bei den verschiedenen Individuen verschieden ist. Vergleichen wir das Arterienblut mit dem Venenblute der V. cava und V. femoralis, so werden wir finden, dass der specifische Sauerstoffgehalt in den beiden Gefässen in einigen Fällen derselbe ist, in anderen dagegen einen Unterschied darbietet. Hier muss man aber erinnern, dass der Umstand, dass so viele der untersuchten Fälle keinen Unterschied zwischen dem Arterien- und dem Venenblute darbieten, nicht beweist, dass kein solcher Unterschied des specifischen Sauerstoffgehaltes beim durchaus normalen, sich frei bewegenden Thier zu finden sei. Der fehlende Unterschied könnte theils darauf bezogen werden, dass das Thier sich während des Versuches in einer sehr abnormen Situation befindet, indem es unbeweglich gebunden und zuweilen morphinisirt ist, theils darauf, dass man bei einer grossen Menge der Versuche einen Katheter in den rechten

[1] Bohr, a. a. O., S. 28.

Nummer des Versuches	Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:			
	Arteria	recht. Ventrikel	V. cava	V. femoralis
76	372	—	—	—
61	375	—	373	—
77	376	—	—	—
63	377	379	375	—
64	379	384	—	—
54	382	385	380	—
67	385	380	—	—
51	386	391	—	—
59	387	392	398	—
62	388	376	—	—
73	389	383	—	404
74	395	383	—	394
72	396	380	384	394
71	396	—	—	388
68	397	394	418	—
70	400	—	—	—
57	419	414	429	—

Herzventrikel eingeführt hat. Es liesse sich leicht denken, dass ein solcher Katheter das Klappenspiel störte und dadurch eine langsamere Blutströmung hervorbrächte, die, wie oben erwähnt, den Unterschied zwischen dem specifischen Sauerstoffgehalt des Arterien- und des Venenblutes verwischen könnte. Da ein solcher Katheter bei den früheren Versuchen nicht eingeführt wurde, ist dies zu bedenken, wenn man die Versuche vergleicht.

Indessen findet man bei einem grossen Theil der Versuche einen deutlichen Unterschied zwischen dem Arterien- und dem Venenblute, und diese Versuche erlauben uns denn zu untersuchen, an welcher Stelle im Organismus der Uebergang vom hohen zum niedrigen specifischen Sauerstoffgehalt und umgekehrt vorgeht. Es geht nun hervor, dass dieser Uebergang auf verschiedene Weise geschehen kann.

Bei den Versuchen 74 und 72 ist der Uebergang in der Lunge erfolgt, der specifische Sauerstoffgehalt ist 395 und 396 nach, 383 und 380 vor der Passage durch die Lunge. Andererseits zeigen einige der Versuche, dass das Venenblut des rechten Ventrikels denselben specifischen Sauerstoffgehalt wie das Arterienblut haben kann, während sich in den peripheren Theilen des venösen Systems ein von dem der Arterie abweichender specifischer Sauerstoffgehalt findet. Versuche, die dieses zeigen, sind 57, 68 und 73. Der Uebergang des specifischen

Sauerstoffgehaltes von dem höheren zum niedrigeren Werthe ist bei den Versuchen 68 und 57 im rechten Herzventrikel selbst geschehen, wo der specifische Sauerstoffgehalt 394 und 414 ist, während er in V. cava über V. hepatica 418 und 429 beträgt. Der Uebergang ist geschehen entweder durch die Einmischung von Blut von niedrigem specifischem Sauerstoffgehalt aus der V. cava superior oder durch die Einwirkung desjenigen Secretes, welches das Blut beim Eintreten in den rechten Herzventrikel in sich aufnimmt, der Lymphe nämlich. Um darüber Aufschlüsse zu erhalten, in wiefern der Lymphe eine solche Wirkung auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes zugeschrieben werden konnte, habe ich ausserhalb des Organismus einige Versuche angestellt.

Durch Einführung einer Canüle in den ductus thoracicus eines Hundes gelang es mir, Lymphe zu erhalten. Dieser wurden nun Blutproben und reingewaschene Blutkörperchen beigemischt. Die Mischung stand drei Stunden lang ruhig bei 37°, um der Lymphe Zeit zu geben, ihre Wirkung auszuüben. Indessen stellte es sich heraus, dass die Lymphe den specifischen Sauerstoffgehalt gar nicht beeinflusste, ohne dass das negative Resultat dieser Versuche die Möglichkeit ausschliesst, dass die Lymphe im lebenden Organismus auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes wirken kann.

Da es in diesem Zusammenhang wünschenswerth sein wird, alle Arten zu betrachten, wie die Veränderung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes verlaufen kann, wird bemerkt, dass der Uebergang von einem hohen specifischen Sauerstoffgehalt in der V. femoralis zu einem niedrigen — beinahe von derselben Grösse im rechten Herzventrikel und in der Arterie — durch Einmischung von Lebervenenblut erfolgen kann. Der Versuch, welchen ich als Beweis davon anführen kann, ist indessen einer der Aderlassversuche, Nr. 69 zweite Bestimmung; hier ist der specifische Sauerstoffgehalt des peripherischen Venenblutes 387, nach Einmischung des Lebervenenblutes aber 350, und gleichzeitig ist der specifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes 352 und der des Blutes des rechten Herzventrikels 360, so dass es deutlich hervorgeht, dass die Verminderung des specifischen Sauerstoffgehaltes dem Lebervenenblut zu verdanken ist.

§ 5. Die Einathmung sauerstoffreicher Luft beeinflusst den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes.

In seiner oben angeführten Abhandlung hat Bohr darüber Versuche angestellt, wie ein verminderter Partialdruck des Sauerstoffes der Inspirationsluft den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes beeinflusst.

In den vier angestellten Versuchen, bei welchen die Individuen eine Luft, welche nur 8 Procent Sauerstoff enthielt, einathmeten, fand sich stets eine sehr ausgeprägte Verminderung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Arterienblutes, nachdem das Thier ca. eine halbe Stunde diese Luftmischung eingeathmet hatte. Bei zweien dieser Versuche wurde gleichzeitig der specifische Sauerstoffgehalt des Venenblutes bestimmt. Es zeigte sich nun das sonderbare Phänomen, dass der specifische Sauerstoffgehalt des Venenblutes sich unverändert verhielt. Im Anschluss hieran habe ich nun Versuche angestellt, um den specifischen Sauerstoffgehalt zu beeinflussen, indem ich die Thiere sauerstoffreiche Luft einathmen liess. Die Versuche folgen hier:

Versuch 65. Hund. Gewicht 12 kg.
Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:
Arterie 347, rechtem Ventrikel 330.
Der Hund athmet 35 Minuten lang eine Luft von 93 Procent Sauerstoff ein, worauf man unter fortwährender Einathmung derselben Mischung Blutproben nimmt. Der specifische Sauerstoffgehalt ist nun in:
Arterie 372, rechtem Ventrikel 358.

Versuch 70. Hund. Gewicht 11·5 kg.
Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:
Arterie 400.
Das Thier athmet nun 41 Minuten hindurch die sauerstoffreiche Luft ein, worauf man eine arterielle Blutprobe nimmt, während das Thier die Sauerstoffeinathmung fortsetzt. Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist dann in:
Arterie 380.
Dem Thiere werden nun 300 ccm Blut entzogen, worauf intravenös 500 ccm Kochsalzlösung injicirt werden. Eine halbe Stunde später ist der specifische Sauerstoffgehalt in:
Arterie 357.
Das Thier athmet nun 31 Minuten lang Sauerstoff ein, der specifische Sauerstoffgehalt ist dann in:
Arterie 377.

Versuch 71. Hund. Gewicht 16 kg.
Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:
Arterie 396, V. femoralis 388.
Das Thier athmet nun 32 Minuten hindurch Sauerstoff ein, worauf der specifische Sauerstoffgehalt ist in:
Arterie 385, V. femoralis 386.
450 ccm Blut werden dann dem Thiere entnommen, und 850 ccm Kochsalzlösung werden intravenös injicirt. 45 Minuten später wird

eine arterielle Blutprobe genommen. Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann:

Arterie 377.

Das Thier athmet dann während 11 Minuten Sauerstoff ein, dann ist der specifische Sauerstoffgehalt in:

Arterie 351.

Bei den soeben angeführten Versuchen wurde die Einathmung sauerstoffreicher Luft auf Thiere angewandt, die entweder nur diesem Eingriffe nebst der Entnahme der Blutproben unterworfen wurden oder gleichzeitig einen Aderlass erlitten. Bei den beiden folgenden Versuchen haben die Versuchsthiere Sauerstoff unter erhöhtem Druck eingeathmet. Die Versuche wurden so angestellt, dass die Thiere, denen eine Trachealcanüle angelegt worden war, in einer schweren eisernen Glocke, in welcher die Luft comprimirt wurde, angebracht wurden. Die Trachealcanüle wurde mit einem Ventilapparat verbunden, wodurch das Thier sauerstoffhaltige Luft aus einem Spirometer athmete, welcher ebenfalls unter der Glocke angebracht war. Wenn der Sauerstoff des Spirometers verbraucht war, wurde das Spirometer aus einem ausserhalb der Glocke angebrachten Behälter mit comprimirtem Sauerstoff wieder gefüllt. Bevor das Thier darauf begann, die sauerstoffreiche Luft einzuathmen, wurde eine arterielle Blutprobe genommen, und die andere wurde sogleich, nachdem die Entlastung aufgehört hatte, genommen.

Versuch 76. Hund. Gewicht 8 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 372.

30 Minuten lang athmet das Thier nun ca. 93 Procent Sauerstoff unter 2·6 Atmosphären Druck. Entlastung während 8 Minuten. Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann in:

Arterie 371.

Versuch 77. Hund. Gewicht 10·8 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt ist in:

Arterie 376.

30 Minuten hindurch athmet das Thier ca. 93 Procent Sauerstoff unter 2·3 Atmosphären Druck. Entlastung 8 Minuten. Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann in:

Arterie 373.

Betrachten wir zuerst die Versuche, bei denen das Thier sauerstoffreiche Luft unter dem Druck der Atmosphäre eingeathmet hat, so war es, wie angeführt, ausser der Einathmung von Sauerstoff auch einem Aderlass unterworfen, welcher theils durch die Entnahme der Blutproben bewirkt, theils noch ausserdem unternommen wurde. Wie angeführt, befindet

sich der Organismus nach dem Aderlasse in verschiedenem Zustand, je nachdem das Blutvolumen wiederhergestellt ist oder nicht, ein Verhältniss, das man bedenken muss, wenn man die Versuche betrachtet. Die Zahlen der Versuche beweisen, dass die Einathmung von Sauerstoff den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes auf durchaus regellose Weise beeinflusst; bald wird er durch die Sauerstoffeinathmung erhöht und bald vermindert, ohne dass man eine Regel dafür finden könnte.

Dass die gefundene Wirkung wirklich der Sauerstoffeinathmung und nicht dem Aderlasse zu verdanken ist, liegt auf der Hand, denn der Aderlass vermindert stets den specifischen Sauerstoffgehalt und wirkt ohne nachfolgende Injection von Kochsalzlösung nicht innerhalb so kurzer Zeiträume, wie es hier der Fall ist.

An den Versuchen 65 und 70 haben wir Beispiele, wie die Einathmung von Sauerstoff den specifischen Sauerstoffgehalt verschiedener Individuen auf verschiedene Weise beeinflusst; wir haben zwei Individuen, welche beide einen bedeutenden Aderlass erlitten haben, und welche sich rücksichtlich der Wiederherstellung des Blutvolumens in derselben Lage befinden. Beim einen bewirkt nun die Sauerstoffeinathmung eine Vergrösserung, beim anderen eine Verminderung des specifischen Sauerstoffgehaltes.

Bei zwei Versuchen finden sich gleichzeitige Bestimmungen des specifischen Sauerstoffgehaltes des Arterien- und des Venenblutes nach der Einathmung; in dem einen Falle, wo der specifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes mit dem des gesammten Venenblutes verglichen wurde, ist er an beiden Stellen vermehrt, nur verhältnissmässig ein wenig mehr im rechten Ventrikel; in dem anderen, wo das Arterienblut mit dem Blute des unteren Theiles der V. cava inferior verglichen wurde, wird der Unterschied des specifischen Sauerstoffgehaltes ausgeglichen, aber die Ausschläge sind so klein, dass man daraus nichts schliessen kann. Versuch 70 verdient hervorgehoben zu werden, weil er uns so schön zeigt, wie man durch verschiedene Eingriffe den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes ändern kann.

Im Verlaufe von zwei Stunden schwankt der specifische Sauerstoffgehalt des Arterienblutes zwischen 400 und 357; zuerst durch Sauerstoffeinathmung sinkend, darauf durch Aderlass noch ferner vermindert, wird er dann durch Sauerstoffeinathmung, welche ihn vorher zum Sinken brachte, wieder vermehrt.

Bei den beiden letztangeführten Versuchen athmete das Versuchsthier 93·3 Procent Sauerstoff unter dem Druck von 2·6 und 2·3 Atmosphären ein. Während des Versuches wurde die Athmung der Thiere unregelmässig, bald ruhig und tief, bald oberflächlich und beschleunigt;

beide Thiere hatten einzelne klonische Zuckungen im Hintertheil. Die Entlastung geschah in beiden Fällen in 8 Minuten, ohne besondere krankhafte Erscheinungen seitens der Thiere.

Wie ersichtlich, hatte die Einathmung von Sauerstoff unter erhöhtem Druck auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes keine Wirkung, und es kann kein Zweifel darüber sein, dass dieses Resultat zuverlässig ist. Die Möglichkeit liesse sich ja denken, dass der Eingriff wirklich ein Resultat gegeben hätte, dieses aber durch anderweitige Einflüsse maskirt wäre. Solche Verhältnisse könnten sein: entweder der beim Versuch angestellte Aderlass oder die Entlastung des Druckes. Indessen ist der Aderlass hier zu gering, um irgend welche Wirkung zu haben; die Entlastung könnte leichter Verdacht erregen. Aber es würde dann höchst unwahrscheinlich sein, dass die Wirkung der Entlastung bei beiden Versuchen die Wirkung der Sauerstoffeinathmung so genau ausgeglichen hätte, wie es hier geschah; viel natürlicher wird es sein, den Eingriff von vornherein als wirkungslos zu betrachten.

Wir haben nun gesehen, dass die Sauerstoffeinathmung den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes auf verschiedene Weise beeinflusst. Hiervon ausgehend habe ich Veranlassung gefunden, zu untersuchen, wie die Sauerstoffeinathmung die von dem Organismus aufgenommene Sauerstoffmenge beeinflusst. In dieser Absicht habe ich zwei Versuche an Hunden sowohl vor, als nach Nackenstich unternommen.

Das Versuchsverfahren war folgendes. Durch einen Ventilapparat athmet das Thier, welches vorher tracheotomisirt wurde, der Ventilapparat ist luftdicht mit der Trachealcanüle verbunden. Durch eine ebenfalls luftdichte Leitung athmet das Thier durch zwei Gasuhren, eine für die Inspiration und die andere für die Exspiration; diese ergeben die durch sie passirende Luftmenge. Um Proben von dieser Luft nehmen zu können, ist in der Leitung ein T-Rohr eingeschaltet. Mittels eines Uhrwerkes wird nun ein an dem T-Rohre befestigter Behälter während des ganzen Respirationsversuches gleichmässig gesenkt, wodurch man sich eine Probe der ganzen ein- und ausgeathmeten Luft verschafft. Mit den so gewonnenen Luftproben wird eine Analyse mittels des Petterson'schen Apparates angestellt, was mit den Angaben der Gasuhren zusammen die Menge des aufgenommenen Sauerstoffes und der ausgeschiedenen Kohlensäure giebt. Die künstliche Respiration nach dem Nackenstich geschieht durch Einblasen von Luft in die Lungen des Thieres mittels einer durch einen Motor getriebenen Spritze. Ein elektromagnetischer Apparat, welcher gleichzeitig mit der Spritze wirkt, sorgt dafür, dass die In- und Exspiration durch deren respective Gasuhren geschieht.

Die zu den Versuchen angewandten Hunde waren auf gewöhnlicher Fütterung. Vor dem Respirationsversuche in der sauerstoffreichen Luft hatte das Thier mindestens 10 Minuten lang die sauerstoffreiche Luft eingeathmet, so wie es diese auch zwischen den einzelnen Versuchen fortwährend einathmete. In der folgenden Tabelle werden die Versuche angeführt. Die Colonne „O_2 pr. Kilogramm und Stunde während des ganzen Versuches" enthält die Durchschnittswerthe der Sauerstoffaufnahmen pr. Kilogramm und Stunde der einzelnen Respirationsversuche.

Nummer des Resp.-Versuches.	Dauer des bezw. Versuches; Minuten.	Procent O_2 in der Inspirationsluft.	O_2 pr. Kilogramm und Stunde.	O_2 pr. Kilogramm und Stunde während des ganzen Versuches.	CO_2 pr. Kilogramm und Stunde.	$\frac{CO_2}{O_2}$	Dauer der Sauerstoffeinathmung.
Versuch I. Junger Hund. Gewicht 11 kg.							
1	10	20·96	0·422	0·405	0·423	1·021	
2	10	20·96	0·388		0·283	0·729	
3	10	95·84	0·793	1·218	0·433	0·546	59 Min.
4	10	93·61	1·153		0·357	0·310	
5	10	92·84	1·708		0·412	0·241	
Nackenstich.							
6	12	20·96	0·468	0·468	0·285	0·609	
7	10	95·67	0·729	0·667	0·355	0·487	38 „
8	10	91·18	0·605		0·338	0·558	
Versuch II. Alter Hund. Gewicht 8·2 kg.							
1	10	20·96	0·489	0·545	0·439	0·898	
2	10	20·96	0·600		0·483	0·806	
3	10	90·79	0·762	0·760	0·399	0·524	72 „
4	10	90·96	0·638		0·423	0·662	
5	10	91·44	0·880		0·527	0·599	
Nackenstich.							
6	10	20·96	0·550	0·550	0·429	0·782	
7	11	90·45	0·262	0·265	0·379	1·391	60 „
8	10	90·91	0·267		0·306	1·146	

Die Luftmengen sind in Liter angegeben.

Aus den Versuchen geht hervor, dass die Sauerstoffmenge, welche von dem Organismus während der Einathmung sauerstoffreicher Luft aufgenommen wird, variiren kann. Während wir in Versuch I eine entschiedene Zunahme der während der Sauerstoffeinathmung aufgenommenen Sauerstoffmenge finden, ist die Zunahme in Versuch II eine

sehr unbedeutende, und es ist z. B. zu ersehen, dass sich zwischen Respirationsversuch 1 und 2 in atmosphärischer Luft ein grösserer Unterschied rücksichtlich der Grösse der Sauerstoffaufnahme findet, als zwischen Versuch 2 in atmosphärischer Luft und Versuch 4 in sauerstoffreicher Luft. Ferner zeigen die Versuche, dass die gesteigerte Sauerstoffaufnahme vom Nervensystem abhängt, indem sie in Versuch I geringer wird, in Versuch II aufhört und sogar einer verminderten Aufnahme weicht, wenn das Nervensystem durch den Nackenstich suspendirt wird.

In der Litteratur finden sich Versuche mehrerer Untersucher über die Wirkung der Sauerstoffeinathmung auf die Grösse der Sauerstoffaufnahme. Regnault und Reiset[1] liessen Thiere in Regnault's Respirationsapparat sauerstoffreiche Luft einathmen; die Dauer der Versuche war 21 bis 23 Stunden. Sie fanden, dass die Zusammensetzung der Inspirationsluft die Grösse der Sauerstoffaufnahme nicht beeinflusst.

P. Bert[2] gelangte durch lange andauernde Versuche an Mäusen und Ratten, welche er in Betreff der Grösse der Sauerstoffaufnahme untersuchte, wenn der Partialdruck des Sauerstoffes in der Inspirationsluft erhöht wurde, zu dem Resultat, dass die Grösse der Sauerstoffaufnahme von der Zusammensetzung der Inspirationsluft abhängig sei.

Diesen Widerspruch zwischen den von Regnault-Reiset und von P. Bert gewonnenen Resultaten sucht de Saint-Martin[3] aufzuklären. Seine Versuche wurden in Regnault's Apparat mit einer kleinen Aenderung gemacht. Sie dauerten 6 bis 24 Stunden und bestätigten durchaus die Angaben Regnault-Reiset's.

Weil bei den Versuchen dieser Untersucher lange Zeiträume gebraucht wurden, können die Resultate gar nicht mit den aus meinen kurzdauernden Versuchen hervorgehenden verglichen werden. Lukjanow[4] hat an einer Reihe von Säugethieren nebst Tauben Versuche über die Grösse der Sauerstoffaufnahme in sauerstoffreicher Luft angestellt. Er benutzte den etwas modificirten Apparat Regnault-Reiset's. Um in den Versuchsresultaten Störungen durch die Fütterung zu vermeiden, wurden die Thiere an den Versuchstagen gar nicht gefüttert. Die Versuche wurden in Luft von theils 20 bis 30 Procent, theils 80 bis 90 Procent Sauerstoff unternommen. Um Fehler aus-

---

[1] Regnault und Reiset, *Annales de chimie et de physique.* 3. série. tome XXVI, p. 496.

[2] P. Bert, *La pression barométrique.* p. 829—882.

[3] De Saint-Martin, *Annales de chimie et de physique.* 6. série. tome III, p. 264.

[4] Lukjanow, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1884. Bd. VIII, S. 324.

zuschliessen, welche daraus entstehen könnten, dass das Thier zuerst die sauerstoffärmere und darauf die sauerstoffreichere Luftmischung einathmete, wurden die Versuche mit Luft bald von der einen, bald von der anderen Zusammensetzung begonnen. Zuweilen wurde ein dritter Versuch mit der zuerst angewandten Mischung angestellt. Eine solche Sammlung von Bestimmungen fasst er zu einem Versuch zusammen, welcher 5 bis 8 Stunden dauerte inclusive der Zeit, welche der Wechsel der Luft in dem Apparate in Anspruch nahm; die Zeit für jede einzelne Bestimmung wird indes nicht angegeben.

Die von Lukjanow gefundenen Resultate bestätigen das Ergebniss meiner Versuche. Er findet die Aufnahme von Sauerstoff in der sauerstoffreichen Luft höchst variabel, bald ist sie grösser als in Luft vom Sauerstoffinhalt der Atmosphäre, bald ist sie dieselbe, bald ist sie geringer.

Frédéricq[1] und Speck[2] sind durch ihre Untersuchungen über die Wirkung sauerstoffreicher Inspirationsluft auf die aufgenommene Sauerstoffmenge zu dem Ergebnisse gekommen, dass die aufgenommene Menge von der Zunahme des Sauerstoffes nicht beeinflusst wird; nur während der ersten Minuten, während welcher das Thier die sauerstoffreiche Luft athmet, findet eine Vermehrung der aufgenommenen Menge statt. Diese Vermehrung erklären sie als darauf beruhend, dass die Flüssigkeiten des Körpers unter dem vermehrten Partialdruck mit Sauerstoff gesättigt werden.

Dass diese Erklärung nicht correct ist, geht erstens daraus hervor, dass die vermehrte Sauerstoffaufnahme während der Einathmung von Sauerstoff kein ganz constantes Phänomen ist, indem Lukjanow ja, wie früher erwähnt, die Sauerstoffaufnahme in sauerstoffreicher Luft unverändert, ja sogar vermindert gefunden hat, wie es auch in Versuch II nach dem Nackenstich der Fall ist. Zweitens zeigt sich das Unhaltbare dieser Ansicht auch dann, wenn man die Sauerstoffmengen berechnet, welche nothwendig sind, um die Flüssigkeiten des Körpers unter dem erhöhten Drucke zu sättigen.

Nehmen wir an, dass der thierische Körper 70 Procent Wasser enthält, und berechnen wir die Inspirationsluft als reinen Sauerstoff, so finden wir, wenn wir annehmen, dass die Flüssigkeiten des Körpers Sauerstoff in demselben Masse binden wie das Wasser, dessen Absorptionscoëfficient bei 37° 0·024 ist,[3] die Sauerstoffmenge, welche die Flüssigkeiten eines Kilogramms des Thieres bei 37° und 760 mm

[1] Frédéricq, *Comptes rendus.* Tome XCIX, p. 1124.

[2] Speck, *Physiologie des menschlichen Athmens.* Leipzig 1892. S. 100.

[3] Bohr und Bock.

Sauerstoffdruck sättigt, $= 0{\cdot}024 \times 700 = 16{\cdot}8$ ccm, und der Zusatz, welcher durch die Sättigung des Hämoglobins hinzu kommt, ist wegen der Form von dessen Dissociationscurve sehr unbedeutend. Wir sehen ja aber, dass die Mehraufnahme in der sauerstoffreichen Luft bei Versuch I mehr als 800 ccm pr. Kilogramm ist. Aehnlicherweise findet Lukjanow Mehraufnahmen pr. Kilogramm und Stunde von 450 ccm (Versuch XXIV), 366 ccm (Versuch XXVI), 337 ccm (Versuch XVII) und mehrere nicht so bedeutende. Aus dem Angeführten dürfte hervorgehen, dass die Ursache der Mehraufnahme nicht die von Frédéricq und Speck angegebene ist.

§ 6. Verschiedene Versuche über den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes.

Die Verhältnisse, unter welchen der respiratorische Stoffwechsel der Gewebezellen vor sich geht, können, wie gesagt, vom Organismus auf dreifache Weise verändert werden. 1) durch eine Veränderung der Grösse des Stoffwechsels; 2) durch eine Veränderung der Hämoglobinmenge, welche die Gewebe in der Zeiteinheit durchströmt; 3) durch eine Veränderung des specifischen Sauerstoffgehaltes.

Es war daher zu erwarten, dass man durch eine Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes und der Grösse des Stoffwechsels eine Veränderung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes bewirken konnte.

Die Veränderungen des Stoffwechsels und der Strömungsgeschwindigkeit sind in den vorliegenden Versuchen durch Muskelarbeit, Erzeugung eines febrilen Zustandes und Eingriffe auf den N. vagus hervorgerufen.

Versuch 62. Hund. Gewicht 12 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist:

Arterie 388, rechter Ventrikel 376.

Das Hintertheil des Thieres wird nun 10 Minuten lang energisch tetanisirt, worauf man, während unablässigen Tetanisirens, Blutproben nimmt. Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist dann:

Arterie 383, rechter Ventrikel 376.

Versuch 64. Hund. Gewicht 20 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist:

Arterie 379, rechter Ventrikel 384.

Nn. vagi werden durchschnitten, der Puls steigt von 125 bis 200, der specifische Sauerstoffgehalt ist dann:

Arterie 383, rechter Ventrikel 384.

Die peripheren Vagusenden werden nun electrisch gereizt; der Puls sinkt von 200 bis 100. Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist nun:

Arterie 385, rechter Ventrikel 374.

Versuch 72. Hund. Gewicht 50 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist:

Arterie 396, rechter Ventrikel 380, V. cava 384, V. femoralis 394.

Man injicirt nun intravenös 60 ccm einer Maceration von Bierhefe, wodurch die Temperatur im Laufe von 2 Stunden von 38·5° bis 40·9° stieg; darauf wurden Blutproben genommen. Der specifische Sauerstoffgehalt ist dann:

Arterie 394, rechter Ventrikel 410, V. cava 393, V. femoralis 392.

Versuch 73. Hund. Gewicht 35 kg.

Der specifische Sauerstoffgehalt des Blutes ist:

Arterie 389, rechter Ventrikel 383, V. femoralis 404.

45 ccm Hefemaceration werden intravenös injicirt, worauf die Temperatur im Laufe von 2 Stunden von 38° bis 40° stieg. In den nun genommenen Blutproben ist der specifische Sauerstoffgehalt:

Arterie 380, rechter Ventrikel 399, V. femoralis 393.

Durch Versuch 62 wurde die Wirkung der Arbeit auf den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes geprüft. Wie zu ersehen, gab der Versuch ein negatives Resultat. Dies ist gar nicht sonderbar, wenn man die Beschaffenheit der Eingriffe in Betracht zieht, welche nothwendig waren, um den specifischen Sauerstoffgehalt zu beeinflussen, wie grosse Aderlässe und langdauernde Einathmung von Sauerstoff. Man wird dann leicht verstehen, dass der Organismus den hier erwähnten geringen Eingriff ohne irgend eine Veränderung des specifischen Sauerstoffgehaltes zu ertragen vermag. Die Arbeit, welche den Organismus zwingen soll, eine Veränderung des specifischen Sauerstoffgehaltes zu bewerkstelligen, muss langedauernd und anstrengend sein, so wie es geschieht, wenn Thiere gehetzt werden, bis sie stürzen, oder wie man es im Laboratorium machen kann, wenn man sie zu forcirter Arbeit in einem Tretrade zwingt. Praktische Hindernisse erlaubten uns keine Versuche dieser Art.

Der Versuch 64 bezweckte eine Aenderung des specifischen Sauerstoffgehaltes durch Veränderung der Geschwindigkeit des Blutstromes. Der Versuch zeigt, dass sie nicht gelungen war.

Durch die Versuche 72 und 73 hat man die Wirkung des Fiebers auf den specifischen Sauerstoffgehalt untersucht. Als Fiebererzeuger hat man eine Maceration von Bierhefe in Wasser angewandt; ein Verfahren, das von Roussy[1] angegeben ist.

Durch intravenöse Injection einer solchen Maceration, nachdem die Hefezellen abfiltrirt waren, hat Roussy constant einen febrilen

[1] Roussy, *Archives de physiologie normale et pathologique.* 5. série. Tome II, p. 358.

Zustand in den Versuchsthieren hervorgerufen, und er hat aus einer solchen Hefemaceration den wirksamen Stoff rein dargestellt. Durch calorimetrische Versuche im Calorimeter d'Arsonval's hat er eine gesteigerte Wärmeproduction während des febrilen Anfalles nachgewiesen, und ferner festgestellt, dass diese gesteigerte Wärmeproduction von einem gesteigerten Stoffwechsel herrührt, indem er sowohl die Ausscheidung der Kohlensäure als die Menge des durch den Harn ausgeschiedenen Stickstoffes vermehrt fand.

Die angewandte Hefemaceration wurde so dargestellt, dass 500 g Bierhefe mit destillirtem sterilisirtem Wasser zu einem dünnen Brei ausgerührt wurden, welcher 24 Stunden bei 37° stand; darauf wurden die Zellen durch Centrifugirung und Titrirung möglichst genau weggeschafft. Die auf diese Weise erhaltene Flüssigkeit war bräunlich, klar opalisirend.

Die Versuche beweisen nun, dass es gelungen ist, den specifischen Sauerstoffgehalt durch das Fieber zu verändern.

Während wir in beiden Fällen in den ersten Blutproben den specifischen Sauerstoffgehalt in dem rechten Herzventrikel am niedrigsten und gegen die Peripherie des venösen Systems ansteigend finden, sind während des febrilen Zustandes die Verhältnisse ganz verändert, indem der specifische Sauerstoffgehalt im rechten Herzen stark gesteigert ist, während er in den übrigen Gefässen, speciell in der Arterie, keine deutliche Variation darbietet. Dass die gefundene Wirkung den Zellen des Organismus entstammt und nicht darauf beruht, dass die injicirte Flüssigkeit das Hämoglobin des Blutes verändert, geht deutlich aus Versuch 72 hervor, indem die Wirkung hier in dem Blute des rechten Herzens allein stattgefunden hat, während der specifische Sauerstoffgehalt sonst überall derselbe ist. Die Versuche zeigen uns schliesslich, dass die Lunge eine Verminderung des specifischen Sauerstoffgehaltes des Blutes bewirkt hat.

Diese Wirkung der Lunge stösst uns ausser bei diesem Versuche nur bei Versuch 55 auf, wo das Thier, während die Blutproben entzogen wurden, in Agonie war, so dass die Wirkung der Lunge, den specifischen Sauerstoffgehalt zu vermindern, sich nur da gezeigt hat, wo der Organismus sich unter sehr abnormen Zuständen befand; bei den anderen Versuchen war die Wirkung der Lunge auf den specifischen Sauerstoffgehalt stets eine erhöhende. Ebenso wie die übrigen Organe des Körpers kann die Lunge also, je nach den gegebenen Verhältnissen, den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes verändern, und zwar sowohl in der einen, als der anderen Richtung.

Ueber eine durch das Licht hervorgerufene Veränderung des Methämoglobins.[1]

Von

Johannes Bock.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Kopenhagen.)

Bei einigen spektroskopischen Untersuchungen über das Methämoglobin bemerkte ich, dass schwache Methämoglobinlösungen in starkem Sonnenlichte ihre Farbe und ihr Spectrum verändern. Durch nähere Untersuchung kam ich zu dem Resultat, dass diese Veränderungen darauf beruhen, dass das Methämoglobin in eine andere Hämoglobinmodification übergeht, die ich, weil sie durch Einwirkung des Lichtes gebildet wird, Photomethämoglobin benannte. Bevor ich zur näheren Beschreibung der Eigenschaften dieses Stoffes übergehe, werde ich die Methode angeben, die ich zur Darstellung des Methämoglobins benutzte, und die wesentlich die nämliche wie die von Hüfner[2] angeführte ist. Zur Darstellung wurde stets Hundeblut gebraucht. Die Blutkörperchen wurden mehrmals mit einer 0·7 procentigen Chlornatriumlösung in der Centrifuge ausgewaschen und in der Kälte durch Aether destruirt; nach ruhigem Hinstellen wurde das Stroma abcentrifugirt und die Krystalle wurden in Wasser aufgelöst, worauf der Aether abgedampft wurde. Der gesättigten Oxyhämoglobinlösung wurde bei ca. 37° Ferricyankalium zugesetzt. Hüfner giebt an, dass 3 bis 4 ccm einer gesättigten Auflösung mit einem Liter Hämoglobinlösung eine ange-

[1] Der Redaction zugegangen den 6. Juli 1895.

[2] *Zeitschrift f. physiol. Chemie.* Bd. VIII.

messene Mischung bilden; dies schien mir in den meisten Fällen zu wenig, und ich befolgte deshalb Jäderholm's[1] Anweisung, mit dem Hinzusetzen von Ferricyankalium so lange fortzufahren, bis eine herausgenommene Probe bei fernerem Zusatz ihr Spectrum nicht veränderte. Die Methämoglobinkrystalle liessen sich leicht durch Zusatz von $^1/_5$ Volum Alkohol und durch Hinstellen in eine Kältemischung darstellen. Die Krystalle wurden in Filtrirpapier gepresst, wiederholt mit destillirtem Wasser gewaschen und centrifugirt. Schliesslich wurden die restirenden Krystalle in Wasser gelöst. Die so dargestellten Auflösungen waren von brauner Farbe, reagirten neutral und zeigten spectroskopisch den dem Methämoglobin charakteristischen Streifen in Rot.

Wird eine auf diese Weise zubereitete schwache (d. h. 0·1 bis 0·5 Procent) Methämoglobinlösung, am besten zu einer dünnen Schicht ausgebreitet, einige Zeit dem kräftigen Sonnenlichte ausgesetzt, so wird man folgende Veränderungen wahrnehmen. Die braune Flüssigkeit wird dunkelrot mit einem gelben Anstriche am Rande, und zugleich verschwindet der Streifen des Methämoglobins im rothen Theile des Spectrums, die anderen Streifen werden verwischt, und im grünen Theile des Spectrums erscheint ein breites Band, ungefähr desselben Aussehens wie der Absorptionsstreifen des reducirten Hämoglobins, jedoch gegen den violetten Theil des Spectrums verschoben; in dem blauen Theil des Spectrums findet sich wieder eine hellere Partie, wogegen der violette Theil stark verdunkelt ist. Das Spectrum verändert sich nicht, wenn die Auflösung mit Luft geschüttelt wird; auch nach der Veränderung reagirt die Auflösung neutral.

Diese Umbildung geschieht schnell bei dünnen Schichten und schwachen Auflösungen, tritt aber ebenfalls, wenn auch langsam, in dicken Schichten und starken Auflösungen hervor. Sehr praktisch sind zur Anstellung dieser Versuche die bei Salomonsen[2] erwähnten viereckigen Tinkturfläschchen. Werden in diesen 10 ccm einer Methämoglobinlösung angebracht, so bieten sie, auf die breite Seite gelegt, der Beleuchtung eine grosse Oberfläche und eine dünne Schicht dar. Werden sie aufrecht gestellt, so entsteht eine für spectroskopische Untersuchungen passende Schicht. Ich werde hier einige über die Geschwindigkeit, mit der die Veränderung vorgeht, an einem warmen Sommertage (25. August 1894) angestellte Versuche mittheilen.

---

[1] *Nordisk medicinsk Arkiv.* Bd. XVI, Nr. 17. 1884.

[2] Salomonsen, *Bakteriologisk Teknik.* S. 22. Kopenhagen 1894.

Concentration der Methämoglobin-auflösung; Procent	Dicke der Schicht Millimeter	Verflossene Zeit Stunden	Veränderung.
0·1	3·0	½	Vollständig in Photomethämoglobin verändert.
0·2	3·0	1½	do. do.
0·4	3·0	1½	do. do.
0·8	3·0	5	do. do.
4·0	1·5	13	Noch Spuren von Methämoglobin.
4·0		16	Vollständig in Photomethämoglobin verändert.

Ich führte mehr als 100 Experimente dieser Art mit Methämoglobin von fünf verschiedenen Darstellungen aus und erhielt stets die nämliche Veränderung. Würde die Methämoglobinlösung im Dunkeln angebracht, so trat der Uebergang in keinem einzigen Falle ein — so habe ich eine dünne sterilisirte Methämoglobinauflösung fünf Monate lang im Dunkeln stehen lassen, ohne dass sie sich verändert hätte; als diese später dem Lichte ausgesetzt wurde, trat die Veränderung ein. Bei jedem Experimente mit Methämoglobin im Hellen nahm ich eine Probe und unterwarf sie, fest in Staniol eingewickelt, denselben Bedingungen wie die beleuchteten Proben. Mit den auf diese Weise dem Lichte entzogenen Proben trat niemals die Veränderung ein.

Das Photomethämoglobin wird beim Aufbewahren im Dunkeln nicht wieder in Methämoglobin zurückgebildet — so bewahrte ich eine sterile Photomethämoglobinauflösung vier Monate lang im Dunkeln auf, ohne dass sie irgend eine Veränderung erlitten hätte.

Es war bei den Versuchen deutlich zu ersehen, dass die Intensität des Lichtes eine grosse Rolle spielte. Die Veränderung ging bei directem Sonnenlichte weit schneller vor als bei zerstreutem Tageslichte; ferner sah ich, dass die Veränderung im Winter bei der kürzeren und weniger intensiven täglichen Beleuchtung viel langsamer eintritt als im Sommer. Die Wärme schien keinen Einfluss zu haben, jedenfalls war sie allein nicht im Stande, die Veränderung zu erzeugen, denn dünne Methämoglobinlösungen, die längere Zeit hindurch im Thermostat bei 37° im Dunkeln angebracht wurden, veränderten sich nicht.

Die Veränderung ging ohne Einwirkung von Bakterien vor, indem sie sich in sterilen Auflösungen hervorrufen liess. Diese wurden dargestellt, indem die Methämoglobinlösung unter hohem Drucke durch ein Chamberland'sches Filtrum in einen sterilen Kolben gepresst wurde. Das Filtrum und die Kolben wurden in Continuität sterilisirt.

Auf diese Weise kann man nur schwächere Auflösungen sterilisiren, da starke Auflösungen das Filtrum nicht passiren können. Ich benutzte bei der Mehrzahl der Versuche Auflösungen, die auf diese Weise sterilisirt waren, und überzeugte mich von ihrer Sterilität durch Impfung in Gelatine. Die Darstellung der zu meinen weiteren Versuchen angewandten Methämoglobinlösungen, wie auch deren Sterilisation geschah des Nachts oder in einem dunklen Zimmer.

Das Vorhandensein von Sauerstoff scheint ohne Bedeutung zu sein. So ging die Veränderung in einem Fläschchen vor, das ganz bis an den Stöpsel gefüllt war. In einem anderen Falle wurde der Sauerstoff einer Methämoglobinlösung durch mehrstündige Durchleitung von Kohlensäure entzogen und das Fläschchen darauf zugeschmolzen. Im Laufe von zwei Tagen ging die Veränderung auf gewöhnliche Weise vor. Auch in diesem Falle brachte ich eine ebenso behandelte Controlprobe im Dunkeln an — das Methämoglobin veränderte sich nicht.

Bei künstlichem Lichte — jedenfalls, wenn dieses nicht sehr intensiv ist — scheint die Veränderung sehr langsam vorzugehen. Ich hatte keine Gelegenheit, die Einwirkung von Strahlen der verschiedenen Spectralregionen zu untersuchen, es ist ja aber am wahrscheinlichsten, dass die Veränderung den chemisch wirksamen Strahlen zu verdanken ist. Die genauere spectroskopische Untersuchung des Photomethämoglobins stellte ich an einer dünnen, im Dunkeln zubereiteten Methämoglobinlösung an, die durch ein Chamberland'sches Filtrum filtrirt und auf zwei sterile Kolben vertheilt wurde; in dem einen, der dem Sonnenlichte ausgesetzt wurde, trat die Veränderung im Laufe von 8 Stunden ein, der andere wurde im Dunkeln aufbewahrt. Die Auflösungen wurden angemessen verdünnt und die Absorptionen des Lichtes in den verschiedenen Theilen des Spectrums wurden mittels des von Vierordt und Krüss angegebenen Apparates untersucht. In der Tabelle bezeichnet λ die Wellenlänge (in Millionstel Millimetern) der Strahlen der untersuchten, ε den gefundenen Extinctionscoëfficienten.

Photomethämoglobin.

Concentration: 0·000963.

λ	ε	λ	ε
653	0·03982	569	0·36767
629	0·04478	553	0·41488
607	0·07652	539	0·51423
587	0·19377	526	0·47900

λ	ε
516	0·37426
505	0·34480
495	0·40288
486	0·53780
476	0·56101
468	0·70038

Methämoglobin.

Concentration: 0·000943.

λ	ε
659	0·04620
634	0·20350
600	0·08070
581	0·20350
556	0·15388
529	0·29018

Die Bestimmungen sind auf der Figur graphisch dargestellt. Die Abscissen sind die Wellenlängen, die Ordinaten die Extinctionscoëfficienten. *I* ist die Curve des Photomethämoglobins, *II* die des Methämoglobins, *III* eine von Torup[1] angegebene Curve des reducirten Hämoglobins.

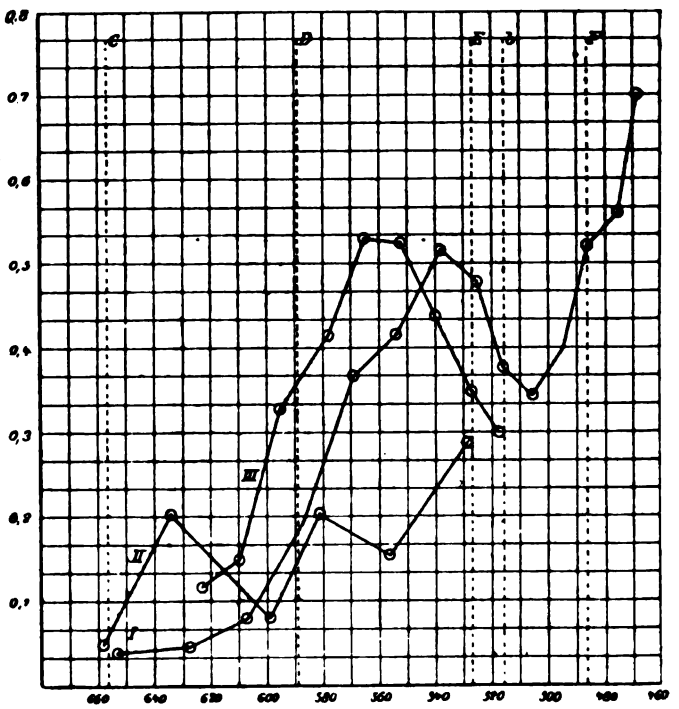
Die Figur zeigt, dass die Spectra des Methämoglobins und des Photomethämoglobins völlig verschieden sind; weiter zeigt die Figur, dass das Spectrum des Photomethämoglobins grosse Aehnlichkeit mit dem des reducirten Hämoglobins besitzt, dass es aber gegen den violetten Theil des Spectrums verschoben ist. Nach Torup findet sich die Mitte des Absorptionsstreifens des reducirten Hämoglobins bei $\lambda = 559$, ich fand die Mitte des Absorptionsstreifens des Photomethämoglobins bei $\lambda = 535$.

Da Torup nicht angiebt, welche Concentration der Auflösung zur Bestimmung der erwähnten Curve benutzt wurde, habe ich, um eine Vorstellung hiervon zu erhalten, nach dem von Hüfner[2] angeführten

[1] S. Torup, *Om Blodets Kulsyrebinding.* S. 46. Cuve Nr. 7. Kopenhagen 1887.

[2] *Zeitschrift f. physiol. Chemie.* Bd. III, S. 9.

Absorptionsverhältnisse des reducirten Hämoglobins in Betreff der Region $D\,63\,E$ bis $D\,79\,E$ die Concentration berechnet und ca. 0·0007 gefunden. Wie aus der Figur zu ersehen, erreichen die hier angegebenen Curven des Photomethämoglobins und des reducirten Hämoglobins beim Maximum des Absorptionsstreifens fast den nämlichen Wert der Ordinate; da die Concentration des Photomethämoglobins aber 0·000963, die des reducirten Hämoglobins dagegen ca. 0·0007



war, sieht man, dass die Lichtabsorption an dem dunkelsten Punkte des Absorptionsstreifens beim Photomethämoglobin ein wenig geringer ist als beim reducirten Hämoglobin.

Das Photomethämoglobin hat — im Gegensatz zum Methämoglobin — das nämliche Spectrum in schwach sauren, neutralen und in alkalischen Auflösungen. Wird zu viel Säure zugesetzt, so wird das Spectrum verwischt; das Methämoglobin verhält sich in dieser Beziehung ebenso.

Ich versuchte darauf, das Photomethämoglobin krystallinisch darzustellen. Es erwies sich hier, dass man von dünnen, sterilen Methämo-

globinlösungen ausgehen musste, indem die starken Methämoglobinlösungen, die sich nicht sterilisiren lassen, theils dem Eintrocknen ausgesetzt sind, da sie, um sich einigermassen schnell zu verändern, in sehr dünnen Schichten ausgebreitet werden müssen, theils durch die Entwickelung von Bakterien zerstört werden. Mein Verfahren war folgendes: 1800 ccm einer 0·25 procentigen Methämoglobinlösung wurden durch Chamberland's Filtrum filtrirt, auf sechs sterile konische Fläschchen vertheilt und dem Sonnenlichte ausgesetzt; nach Verlauf von fünf Tagen war alles Methämoglobin in Photomethämoglobin verwandelt. Die Auflösung wurde nun stark auf ein schwach erwärmtes Wasserbad im Vacuum mit Eisvorlage abgedampft. Die Abdampfung ging auf diese Weise ziemlich rasch vor sich und die Temperatur der Flüssigkeit stieg nicht über 25°. Nachdem die Auflösung bis zu ca. 100 ccm abgedampft war, wurde sie centrifugirt; eine Bestimmung des Trockenrückstandes ergab 2·69 Procent. Die Auflösung wurde bis 0° abgekühlt und nach Zusatz von ca. $^1/_6$ Volum eisgekühlten Alkohols in eine Kältemischung gestellt. Den nächsten Tag wurde eine geringe Menge Alkohol zugesetzt und die Kältemischung erneuert. Am dritten Tage waren Krystalle entstanden, die sich unter dem Mikroskop als längliche, ziemlich schmale, zu Bündeln und Haufen gesammelte Prismen erwiesen — von ganz demselben Aussehen wie prismatisch krystallisirtes Oxyhämoglobin und Methämoglobin. Die Krystalle hatten eine helle braungelbe Farbe, fast wie Methämoglobinkrystalle; keine Spur amorphen Bodensatzes war zu finden. Die Krystalle wurden mit verdünntem Alkohol gewaschen und in Wasser aufgelöst. Die Auflösung gab das charakteristische Photomethämoglobinspectrum.

Ich untersuchte ferner, inwiefern das Photomethämoglobin auf dieselbe Weise wie das Oxyhämoglobin dissociable Verbindungen mit Sauerstoff bildet. Hierzu benutzte ich die nämliche Auflösung wie zur Darstellung der Krystalle (2·69 Procent trockener Stoff). Die Auflösung wurde bei 18·65° mit kohlensäurefreier atmosphärischer Luft geschüttelt, und 49·7 ccm wurden mittels einer Hagen'schen Quecksilberluftpumpe ausgepumpt.

Luftanalyse nach Bunsen.

Nach KoH	0·972 ccm
Nach H_2	5·767 „
Nach der Explosion .	4·826 „

$s : O_2 = 0·314$ ccm, $N_2 = 0·655$ ccm.

Bei derselben Temperatur und demselben Drucke (Barometer 751^{mm}) werden 49·7 ^{ccm} Wasser[1] mit atmosphärischer Luft geschüttelt,

$$0_2\ 0{\cdot}328^{ccm} \qquad n_2\ 0{\cdot}637^{ccm}$$

Hieraus geht hervor, dass das Photomethämoglobin mit Sauerstoff keine auszupumpende Verbindung bildet, dass Sauerstoff aber von einer Photomethämoglobinlösung in derselben Menge absorbirt wird wie von Wasser.

Aus dem bisher Gesagten geht nicht hervor, ob das Photomethämoglobin ein Spaltungsproduct oder eine Hämoglobinmodification ist. Da die Veränderung aus Methämoglobin in Photomethämoglobin ohne Niederschlag vorgeht, und da die Krystallform beider Stoffe die nämliche ist, wird letztere Anschauung die wahrscheinlichste, und sie lässt sich auch direct beweisen, indem man vom Photomethämoglobin zum Methämoglobin zurückkehren kann. Wird eine Flasche mit einer Photomethämoglobinlösung gefüllt, so dass nur ein sehr kleiner Luftraum zurückbleibt, und wird ein kräftiges Reductionsmittel zugesetzt — hierzu gebrauchte ich eine Auflösung hydroschwefelsauren Zinkes, die bei Petterson's Luftanalyse zur Absorption des Sauerstoffs angewandt wird — und schüttelt man darauf die Flasche, so erhält die Photomethämoglobinlösung eine blassere Farbe, und der Absorptionsstreifen rückt dem rothen Theile des Spectrums näher — die Auflösung ist in reducirtes Hämoglobin verwandelt. Wird diese Auflösung nun mit Luft geschüttelt, so entsteht Oxyhämoglobin, das nach Zusatz von Ferricyankalium charakteristisches Methämoglobin giebt. Das Hämoglobin hat also folgende Scala durchlaufen: Oxyhämoglobin — Methämoglobin — Photomethämoglobin — reducirtes Hämoglobin — Oxyhämoglobin — Methämoglobin. Ich bemerkte ferner, dass eine in einem verschlossenen Fläschchen stehende Photomethämoglobinlösung durch Fäulniss in reducirtes Hämoglobin übergeht, das beim Schütteln mit Luft Oxyhämoglobin ergab, aus welchem wieder bei obigem Verfahren leicht Methämoglobin gebildet wurde.

Da Photomethämoglobin so leicht aus Methämoglobin gebildet wird und diese Bildung ohne Sauerstoffverbrauch vor sich geht, und da diese Stoffe durch dieselben Mittel in reducirtes Hämoglobin verändert werden, so liegt die Annahme nahe, dass das Photomethämoglobin die nämliche Menge von fest gebundenem Sauerstoff enthält, wie das Methämoglobin, aus welchem es gebildet wurde.

---

[1] Bohr und Bork: Bestimmung der Absorption einiger Gase in Wasser bei den Temperaturen zwischen 0° und 100°. *Wiedemann's Annalen.* 1891. Bd. XLIV, S. 318.

Als Resultat dieser Untersuchung geht also hervor, dass das Methämoglobin durch Einwirkung des Sonnenlichtes in eine Modification, das Photomethämoglobin, übergeht, welches im Dunkeln keine Rückbildung erleidet, welches dieselbe Krystallform hat wie das Oxyhämoglobin und das Methämoglobin, und welches keinen Sauerstoff dissociabel bindet. Die Farbe der Auflösung ist dunkelroth: das Spectrum besteht aus einem einzelnen Absorptionsstreifen im Grün mit der Mitte $\lambda = 535$, es verändert sich nicht bei schwach saurer und alkalischer Reaction; durch kräftige Reductionsmittel oder durch Fäulniss geht das Photomethämoglobin in reducirtes Hämoglobin über.

Ebenso leicht wie das Photomethämoglobin zu erkennen ist, wenn es isolirt ist, ebenso schwer wird es zu entdecken sein, wenn es mit Oxyhämoglobin oder Methämoglobin zusammen gefunden wird, da seine Farbe und sein Spectrum hierdurch leicht verdeckt werden, und in solchem Falle wird es grosse spectrophotometrische Irrtümer veranlassen können. Wenn man die Methämoglobinlösungen nicht im Dunkeln zubereitet und aufbewahrt, wird sich leicht etwas Photomethämoglobin in denselben bilden können. Dass das Photomethämoglobin normal im Organismus vorkommen sollte, ist nicht wahrscheinlich, dagegen ist es nicht unwahrscheinlich, dass es in pathologischen Fällen auftreten kann, während welcher sich Methämoglobin im Blute findet.

Krämpfe und Curarewirkung.[1]

Von

C. G. Santesson.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen Instituts in Stockholm.)

In einer früheren Mittheilung[2] habe ich vergleichende Versuche zwischen der Curarewirkung von Strychnin und Brucin veröffentlicht. Bei Gelegenheit dieser Untersuchung fiel es mir auf, dass sowohl an Esculenten (bei sehr kleinen Gaben) als an Temporarien bei wiederholter Prüfung zu verschiedenen Zeiten die Strychninpräparate oft eine bedeutende Abnahme der Curarewirkung, die Brucinpräparate dagegen eine Zunahme aufwiesen. Wie ich schon damals hervorhob,[3] könnte dies „dadurch bedingt sein, dass die Brucinmuskeln nicht im Anfang der Versuche durch Krämpfe ermüdet waren, während dies mit den Strychninmuskeln fast constant der Fall war. Bei den erstgenannten tritt eine fortschreitend lähmende Wirkung auf die motorischen Nervenendigungen zu Tage, während bei den Strychninmuskeln eine oft bedeutende »Erholung« nicht zu verkennen ist."

Auch schien es eigenthümlich, dass während an Esculenten das Brucin sich als stärker curarewirkend erwies, an Temporarien das gerade entgegengesetzte Verhalten hervortrat. Nach Allem zu urtheilen, ist das Ergebniss bei den Esculenten so zu sagen das normale — die Curarewirkung des Brucins stärker als die des Strychnins. An den Temporarien aber, deren motorische Nervenendigungen überhaupt von beiden Giften weniger schnell gelähmt werden und welche daher die Entwickelung von meistens viel intensiveren Strychninkrämpfen zulassen,

[1] Der Redaction zugegangen am 1. August 1895.

[2] *Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmakol.* (1894.) Bd. XXXV, S. 57—68.

[3] A. a. O., S. 64.

könnte die kräftiger lähmende Wirkung des Strychnins von „Ermüdung“ durch die stärkeren Krämpfe bedingt sein. Darin könnte der scheinbare Widerspruch in Bezug auf die verschiedene Wirkungsintensität der erwähnten Gifte auf die beiden Froscharten seine Erklärung finden.

Um zu entscheiden, ob den Krämpfen thatsächlich diese Bedeutung zukam, habe ich besonders mit dem Strychnin einige Versuche angestellt, welche nachweisen sollen,

1) wie die Curarewirkung sich entwickelt, wenn man in irgend einer Art den Einfluss der Krämpfe auf die motorischen Nervenendigungen ausschliesst. Damit habe ich auch verglichen

2) wie die Strychninkrämpfe auf die Erregbarkeit der motorischen Nervenendigungen des unvergifteten Muskels einwirken, sowie auch

3) wie statt der Strychninkrämpfe tetanisirende Reize die Nervenendapparate des vergifteten sowie des unvergifteten Muskels beeinflussen.

Durch diese Combination der Versuche schien es möglich, sowohl die Bedeutung der Krämpfe für die Curarewirkung des Strychnins, als auch das Wesen dieser Wirkung an sich etwas näher zu beleuchten. Meinen früheren Brucinversuchen habe ich hier nur noch einen hinzugefügt, um die Stellung der Brucinwirkung zu derjenigen des Strychnins mit ausgeschlossenen Krämpfen zu präcisiren. Uebrigens sind auch einige Versuche über die etwaige Curarewirkung von Morphin, Hydrastin und Hydrastinin angereiht. Die Wirkung der beiden erstgenannten scheint im Lichte der Strychninversuche am besten verstanden werden zu können; das Hydrastinin ist nur zum Vergleich mit dem Hydrastin hier aufgenommen; für seine Curarewirkung spielen Krämpfe keine Rolle.

A. Strychnin.

Die Wirkung des Strychnins auf die motorischen Nervenendigungen in den Skelettmuskeln ist viel untersucht und discutirt worden.[1] Hier mag nur daran erinnert werden, dass schon Stannius und Johannes Müller bei Strychninvergiftung nach Ausschaltung der Circulation

[1] In Bezug auf die Litteratur dieser Frage verweise ich auf die Darstellungen von Poulsson, *Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol.* (1890.) Bd. XXVI, S. 22 folg.; von Harnack, ebenda. (1894.) Bd. XXXIV, S. 165 folg. sowie vom Verf., ebenda. (1894.) Bd. XXXV, S. 57—59.

des einen Beines (Frosch) die indirecte Reizbarkeit der Muskeln dieses Beines sich länger als diejenigen des anderen, vergifteten Beines beibehalten sahen. Pelikan und Kölliker andererseits äussern sich gegen einen specifisch curareähnlichen Einfluss des Giftes: es ruft nur einfach durch die Krämpfe eine Ermüdung hervor. Ihnen schliessen sich in dieser Beziehung Husemann, Harnack und Claude Bernard an.

Nach den Versuchen zahlreicher Forscher (von Pickford und Matteuci 1844 bis Poulsson 1890) besitzt dagegen das Strychnin eine specifische Curarewirkung. v. Wittich z. B. hebt hervor, dass die peripherische Lähmung auch dann eintritt, wenn man vorher den motorischen Nerven durchschnitten hat. Harnack hat[1] — auf Grund seiner Versuche mit H_2S und besonders auf Grund der fast unerhörten Ausdauer, welche die nervösen Gebilde des Frosches, so auch seine motorischen Nervenendigungen unter Umständen aufweisen — sich jetzt mehr der Meinung genähert, dass das Strychnin specifische Curarewirkung besitzt. Es scheint nämlich ihm sowie früher schon Poulsson unmöglich, die durch Strychnin hervorgebrachte Lähmung der motorischen Nervenenden als einfachen Effect der Ermüdung nach den Krämpfen aufzufassen. Harnack hat ähnliche Versuche wie die eben erwähnten von v. Wittich mitgetheilt; er fand dabei, dass die indirecte Reizbarkeit des Beines mit durchschnittenem Ischiadicus länger anhält, als die des anderen Beines. Seine Auffassung über die Bedeutung dieses Verhaltens drückt er in folgender Art aus: „Es scheint sich demnach die Lähmung der Nervenenden doch rascher zu entwickeln, wenn sie gewissermassen vom Centralorgan hinabsteigt, als bei unmittelbarer Einwirkung des Giftes auf die peripheren Nervenapparate."

Der Ansicht, dass das Strychnin nur einer Verunreinigung mit Brucin seine Curarewirkung verdankt hätte (Klapp, Robins), traten Lautenbach und Poulsson entgegen.

In der Einleitung dieses Aufsatzes habe ich schon die Veranlassung dazu angegeben, dass ich diesen Gegenstand noch einmal aufnehme. Es ist ferner seit der Zeit der eben erwähnten Arbeiten in die Technik der Untersuchungen über Curaregifte ein neues Verfahren eingeführt worden, die Methode der Ermüdungsreihen nach Boehm,[2] welche auch für die hier behandelte Frage sicherere Aufschlüsse als die Prüfung mit einigen einzelnen Inductionsschlägen verspricht und gewissermassen eine Messung der Vergiftungsintensität gestattet. Darin liegt die

[1] A. a. O.

[2] Boehm, *Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol.* (1894.) Bd. XXXV, S. 16—22.

Ursache dazu, dass ich gewisse Versuche hier mittheile, welche im Ganzen nur als eine Wiederholung früherer Experimente erscheinen können.

Die allgemeine Anordnung der hier mitzutheilenden Versuche war dieselbe, wie bei meinen Experimenten über die Ermüdbarkeit der motorischen Nervenendigungen und der Muskelsubstanz.[1] Es konnte also sowohl der motorische Nerv als der Muskel (Ischiadicus und Gastrocnemius vom Frosch) mit einzelnen, gleich starken, maximalen Oeffnungsinductionsschlägen, und zwar mit einem jede zweite Secunde, sowie mit gleich frequenten, kurzen Serien tetanisirender Wechselströme gereizt werden. Die Zuckungen wurden registrirt, 5·2 mal vergrössert und sind in die Versuchstabelle unreducirt aufgenommen. Die Anordnung des Schreibhebels und des Gewichtes war möglichst isotonisch, die Belastung sehr gering (Hebel + 3·5 g am Muskel). — Die Giftlösung (0·1 Procent Strychnin. hydrochlor.) wurde in den Bauchlymphsack eingespritzt. Die Giftgaben waren nach dem Körpergewicht des Thieres berechnet.

Als Versuchsthiere standen mir leider nur Temporarien zur Verfügung. Ungeachtet dessen habe ich jedoch meine Versuche veröffentlichen wollen, weil ich nicht weiss, ob ich in der nächsten Zeit Gelegenheit dazu bekommen werde, die Lücke auszufüllen. Die Frösche waren im Herbst 1894 gefangen und im Eiskasten aufbewahrt. Die Versuche wurden von Ende Januar bis Anfang April 1895 ausgeführt. Nicht vergiftete Nervmuskelpräparate haben während dieser Zeit und sogar noch etwas später ganz hübsch regelmässig und ausdauernd reagirt. Die Thiere wurden immer eine halbe Stunde nach der Vergiftung beobachtet, dann getödtet und in gewöhnlicher Art präparirt.

Die Versuche wurden, dem oben ausgeworfenen Plan gemäss, in verschiedener Art variirt:

1) Der eine N. ischiadicus wurde hoch am Oberschenkel abgeschnitten, dann das Thier vergiftet und die beiden Nervmuskelpräparate, jedes für sich, geprüft. Das eine, welches während der Observationszeit die Strychninkrämpfe ausgestanden hatte, wurde zuerst untersucht, das andere, unermüdete nachher. Beide Präparate waren vergiftet.

Zu diesen Versuchen fügen sich noch ein paar, bei welchen die Krämpfe dadurch ausgeschlossen waren, dass vor der Vergiftung das Centralnervensystem zerstört wurde. Diese Versuche sind jedoch weniger beweisend, weil sie den Vergleich mit dem durch Krämpfe ermüdeten

[1] *Dieses Archiv.* (1895.) Bd. V, S. 394—398.

Präparat ausschliessen und weil durch die unvermeidliche Blutung und die allgemeine Herabsetzung des Gefässtonus die Circulation und die Umherführung des Giftes gelitten hatten.

2) Die eine Schenkelarterie wurde hoch oben unterbunden, beide Ischiadici erhalten; dann Vergiftung u. s. w. wie oben. Beide Präparate wurden durch die Krämpfe beeinflusst; nur das eine war vergiftet, und dieses wurde zuerst untersucht.

3) An dem einen Bein wurde die Arterie unterbunden, an dem anderen oder an beiden Beinen der Nerv durchschnitten; später wurden die Präparate durch tetanisirende Reize ermüdet und nachher mit Einzelreizen das Reactionsvermögen geprüft.

Nach diesen Bemerkungen werden die Versuchsergebnisse, tabellarisch zusammengestellt, mitgetheilt. Nach den Tabellen folgen Auszüge der Versuchsprotocolle nebst einer Uebersicht der Resultate und ihrer Bedeutung für die vorliegende Frage.

I. Versuche mit Durchschneidung des einen N. ischiadicus.

Versuchsnummer und Giftgabe (Milligramm auf 50 ᵏᵍ Körpergewicht)	Reizstärke, Rollenabstand Centimeter	Zuckungshöhen in Millimetern				Zahl der Zuckungen	
		Nerv erhalten		Nerv durchschnitten		Nerv	
		Anfang	Ende	Anfang	Ende	erhalten	durchschnitten
I. 0·75 : 50	8—10	11·4	0·7	12·8	2·7	200	>2000
II. 1·00 : 50	8	5·2	0·7	11·3	0·5	31	535
III. 2·00 : 50	10	3·0	Minim.	12·6	1·0	13	> 800
IV. 4·00 : 50	10	10·8	„	13·0	0·5	67	> 800
V. 10·00 : 50	10	—	—	12·5	11·1	0	> 400

Bemerkungen zu den Versuchen I bis V.

I. 31./I. Gewicht 61 ᵍ. Linker Ischiadicus durchschnitten. — 0·92 ᵐᵍ Strychninsalz. Bald Tetani; Symptome wie gewöhnlich. — Ermüdungsreihe des rechten Präparates mehrmals durch eine Anzahl ganz niedriger, unausgebildeter Zuckungen unterbrochen; die Zahl der ausgebildeten Zuckungen etwa 200, die ganze Zuckungszahl 320. — Das linke Präparat am Ende der Reihe lange nicht ermüdet, hätte wahrscheinlich noch stundenlang zucken können, war also als beinahe normal zu betrachten.

II. 30./I. Gewicht 41 g. Rechter Ischiadicus durchschnitten. — 0·82 mg des Giftes. — Nach 2 Minuten Tetani. — Reihe des rechten Präparates Anfangs und in der zweiten Hälfte etwas unregelmässig; Reihe des linken Präparates regelmässig, die Zuckungen zuerst sehr schell, dann langsamer abnehmend.

III. 1./II. Gewicht 41 g. Linker Ischiadicus durchschnitten. — 1·64 mg Strychnin. — Bald Tetani. — Reihe des linken Präparates sehr unregelmässig, so auch später diejenige des direct gereizten Muskels.

IV. 5./II. Gewicht 40 g. Linker Ischiadicus durchschnitten. — 3·2 mg des Giftes. — Starke, anhaltende Tetani, Reflexzuckungen zuletzt sehr schwach. — Reihe rechts regelmässig, sehr schnell bis zum Minimum abnehmend; links bald unregelmässig.

V. 23./III. Gewicht 37 g. Linker Ischiadicus durchschnitten. — 7·4 mg des Giftes. — Fast unmittelbar Tetanus; dieser bald abgeschwächt, dann starkes Muskelzittern; kurz nachher vollständig schlaff, nur gesteigerte Reflexe. Circulation der Schwimmhaut bis kurz vor der Tödtung des Thieres einigermassen erhalten; Herz jedoch bei der Präparation stillstehend, fängt nach directer Application von ein paar Tropfen Atropin (1 Procent) wieder an zu schlagen (Vagusreizung). — Rechtes Präparat giebt vom Nerven aus keine Reaction, weder bei 10 noch bei 0 cm Rollenabstand. Linkes Präparat zuerst etwa 200 Zuckungen regelmässig, ansteigend bis 15 mm („Treppe"), dann unregelmässig; ist jedoch am Ende der Reihe lange nicht ermüdet (letzte Zuckung 11·1 mm), hätte wahrscheinlich noch stundenlang gezuckt, ist also als beinahe normal anzusehen.

Schon beim ersten Blick auf die Tabelle fällt es auf, wie gross der Unterschied ist zwischen den unermüdeten und den von Strychninkrämpfen erschöpften Präparaten. Es geht aus den Versuchen sofort hervor,

dass die Strychninkrämpfe die Entwickelung der curareähnlichen Lähmung in hohem Grade befördern, und

dass das Strychnin, wenn der Einfluss der Krämpfe ausgeschlossen ist, an Temporarien überhaupt nur eine ziemlich schwache peripherisch lähmende Wirkung besitzt.

Nach Versuchen von Poulsson[1] tritt an Esculenten, auch nach Durchschneidung eines Nerven vor der Vergiftung, bald eine vollständige curareähnliche Lähmung ein.

Es wäre sicher nicht richtig, auf Grund dieser Versuche dem Strychnin, wenn die Ermüdung durch Krämpfe verhindert wird, jede Curarewirkung an Temporarien abzusprechen. Erstens hat das Gift hier nur während einer halben Stunde eingewirkt. Weiter zeigen

[1] A. a. O., S. 28 folg.

wenigstens die Versuche II bis IV, dass auch die vor den Krämpfen geschützten Präparate nicht mehr normal sind; sie hätten sonst, wie die gewöhnliche Erfahrung sowie der Versuch I oben lehren, sicher noch längere Reihen ausgeführt. Was Versuch V betrifft, lässt es sich natürlich nicht mit Sicherheit entscheiden, wie lange das vorher unermüdete Präparat hätte zucken können. Es schien aber, mit den Versuchen II bis IV verglichen, auffallend wenig angegriffen. Vielleicht hat der früh eintretende Stillstand des Herzens die Entwickelung der Vergiftung beeinträchtigt. Gegen diese Annahme spricht aber gewissermassen die starke Wirkung auf das Präparat mit erhaltenem Nerven, welches gar keine Reaction gab.

Ueberhaupt stimmt die Stärke der Wirkung in den fünf Versuchen, sowohl an den Präparaten mit erhaltenen, als an denjenigen mit durchschnittenen Nerven, nicht besonders gut mit den steigenden Giftgaben überein. Nur in Versuch I ist der Effect entschieden schwächer als in den übrigen. In Bezug auf die Präparate mit intacten Ischiadicis, welche also in den Strychninkrämpfen mit einbegriffen waren, ist es natürlich, dass die Intensität der Wirkung wesentlich davon abhängig sein musste, ob die Krampfanfälle mehr oder weniger zahlreich und intensiv waren, was andererseits von allerlei uncontrollirbaren Zufälligkeiten bestimmt wurde.

Uebrigens ist es sehr wahrscheinlich, dass individuelle Verschiedenheiten der Versuchsthiere eine Rolle gespielt haben. Dies geht besonders daraus hervor, dass auch die vorher unermüdeten Präparate etwas unerwartete Resultate gegeben haben: so ist ein solches Präparat in Versuch II mit $1^{mg}:50^{g}$ Körpergewicht nach 535 Zuckungen beinahe ermüdet, während ein anderes Präparat in Versuch IV mit $4^{mg}:50^{g}$ erst nach etwa 800 Zuckungen sich gleich angegriffen erweist. — Diese Unregelmässigkeiten sind aber für die oben erwähnten Resultate von geringer Bedeutung.

Wenn auch möglicherweise die Versuche mit durchschnittenen Nerven — eben aus dem Grunde, dass offenbar das Reactionsvermögen der verschiedenen Thiere recht ungleich, in gewissen Fällen sogar ziemlich schlecht war — noch die Frage etwas zweifelhaft lassen, ob das Strychnin bei Temporarien an sich wirklich eine Curarewirkung besitzt, sprechen die übrigen Versuche (mit erhaltenen Nerven) um so deutlicher dafür, dass dieses Gift wirklich einen solchen Einfluss ausübt. Es wäre nämlich sonst nicht möglich, dass die im Allgemeinen doch ziemlich kurz dauernden Krämpfe normale motorische Nervenendigungen so stark angreifen könnten. Wie viel diese Gebilde unter normalen Verhältnissen aushalten können, ohne zu ermüden, ist allbekannt. Auch

ist, wie oben erwähnt, neulich von Harnack[1] und Anderen hervorgehoben, dass Frösche unter gewissen Umständen wochenlang von oft wiederholten Krämpfen befallen werden können, ohne dass ihre motorischen Nervenendapparate dadurch gänzlich erschöpft werden.[2] Wenn auch in diesen Fällen die niedrige Temperatur mit im Spiele war und, wie es scheint, die Empfindlichkeit der nervösen Gebilde für die lähmende Wirkung des Giftes bedeutend herabsetzte, weisen jedoch diese und ähnliche Beobachtungen darauf hin, dass, wenn kein schwächender Einfluss auf die motorischen Nervenenden vorhanden ist, diese viel mehr müssten aushalten können, und

dass das Strychnin eben dadurch am meisten seine Curarewirkung bekundet, dass die Krämpfe so schnell Ermüdung bezw. Lähmung der Nervenenden herbeiführen.

Wenn der Einfluss der Krämpfe ausgeschlossen ist, zeigt sich das Strychnin als ein sehr schwaches Curaregift. Doch ist die Ermüdbarkeit der motorischen Nervenendigungen soweit gesteigert, dass, wenn einige krampfhafte Contractionen ausgelöst werden, schnell eine hochgradige Ermüdung — nach intensiveren Krämpfen sogar eine länger dauernde Lähmung — hervorgebracht wird. Meine früheren Strychninversuche (siehe Seite 308) zeigten oft mit der Zeit eine recht bedeutende Erholung der Nervenenden. Diese Thatsache stimmt gut damit überein, dass man bei der Strychninwirkung zuerst mit einer gesteigerten Ermüdbarkeit und mit einer Erschöpfung durch die Krämpfe zu thun hat, welche noch einer Erholung fähig ist; erst bei stärkerer Einwirkung des Giftes sowie der ermüdenden Krämpfe tritt vollständige Lähmung ein.

Mit dieser Auffassung der Strychninwirkung lassen sich die beiden, gegen einander streitenden Meinungen vereinigen: eine specifisch curareähnliche Wirkung ist unzweifelhaft da; sie kommt aber gewöhnlich nur unter dem Einfluss der Krämpfe deutlich zum Vorschein.

Wie ich hoffe, unten nachweisen zu können, steht das Strychnin in dieser Beziehung nicht allein, wenn ich auch bei dieser Gelegenheit nur noch ein paar ähnlich wirkende Gifte heranziehen kann. Es scheint vielmehr als Hauptrepräsentant einer Gruppe von Curaregiften da-

---

[1] A. a. O.

[2] Einmal sah ich sogar nach Vergiftung mit Brucin einen Temporaria im Winter bei niedriger Zimmertemperatur 7 Tage lang in Tetanusstellung mit oft wiederholten Krämpfen daliegen und zuletzt zu Grunde gehen; siehe *Archiv. d. Pharmacie.* 1893. S. 611.

zustehen, welche mehr oder weniger ausgesprochen die oben erwähnten Eigenschaften besitzen.

An die Versuche der hier behandelten Abtheilung (A.) schliessen sich noch ein paar, bei welchen als Voroperation ausgeführt wurde:

Zerstörung des Centralnervensystems.

Versuchsnummer und Giftgabe (Milligramm auf 50 g Körpergewicht)	Rollenabstand Centimeter	Zuckungshöhe in Millimeter		Zahl der Zuckungen
		Anfang	Ende	
VI. 5 : 50	10	10·5	1·2	868
VII. 5 : 50	10	7·8	2·0	978

Bemerkungen zu den Versuchen VI und VII.

VI. 6./II. Körpergewicht 37 g. Zerstörung des Centralnervensystems. — 3·7 mg Chloret. strychn. — Krämpfe sind natürlich nicht vorhanden. Bei der Präparation Herzstillstand. — Die Ermüdungsreihe beinahe regelmässig. Präparat am Ende noch nicht erschöpft.

VII. 9./II. Gewicht 30 g. Centralnervensystem zerstört. — 3 mg des Giftes. — Reihe regelmässig, lange nicht bis zur Ermüdung ausgeführt. — Die nachher ausgeführten Zuckungen bei directer Muskelreizung (0 cm R.-A.) sind grösser und regelmässiger als bei gleich starker Reizung vom Nerven aus.

Diese Versuche stimmen mit den Versuchen III und IV oben ziemlich überein, zeigen sogar eine noch etwas schwächere Wirkung des Giftes, was durch die Abschwächung der Circulation nach Zerstörung des Centralnervensystems bedingt sein könnte. Dass die Curarewirkung des Strychnins, wenn man den Einfluss der Krämpfe auch in dieser Art ausschaltet, sehr gering wird, geht aus diesen Versuchen deutlich hervor.

II. Versuche mit Unterbindung der einen Schenkelarterie.

Versuchsnummer und Giftgabe (Milligramm auf 50 g Körpergewicht)	Reizstärke, Rollenabstand Centimeter	Zuckungshöhe in Millimetern				Zahl der Zuckungen	
		Arterie				Arterie	
		erhalten		unterbunden		erhalten	unterbunden
		Anfang	Ende	Anfang	Ende		
VIII. 5 : 50	10 u. 7	—	—	8·8	2·3	0	1450
IX. 4 : 50	10·0	—	—	12·0	1·8	2	720

Bemerkungen zu den Versuchen VIII und IX.

VIII. 11./II. Gewicht 28 g. — Unterbindung der rechten Schenkelarterie. — 2·8 mg Chloret. strychn. Tetani. Reflexe später nur vom rechten Bein. Linkes Präparat bei 10 bis 0 cm R.-A. keine Reaction; rechts (bei 7 cm) eine lange, beinahe regelmässige Reihe, lange vor der vollständigen Ermüdung abgebrochen.

IX. 12./II. Gewicht 30 g. — Links unterbunden. — 2·4 mg des Giftes. Tetani. Reflexe zuletzt kräftiger vom linken Beine. — Rechtes Präparat macht zwei unmessbare Contractionen. Links eine lange, beinahe regelmässige Reihe; das Präparat am Ende lange nicht erschöpft.

Diese Versuche, gewissermassen eine Wiederholung derjenigen von Stannius und von Johannes Müller (siehe oben), beweisen,

dass die Strychninkrämpfe, welche am vergifteten Bein eine totale Ermüdung (Curarelähmung) herbeiführen, das unvergiftete Bein in dieser Richtung sehr wenig beeinflussen.

Daraus geht hervor, dass hier an den vergifteten Präparaten etwas Anderes als eine einfache Ermüdung durch die Krämpfe vorliegt. Diese Versuche stützen also auch die oben ausgesprochene Ansicht, dass das Strychnin, unabhängig von den Krämpfen, die motorischen Nervenenden in eigenthümlicher Art angreift, nämlich ihre Ermüdbarkeit bedeutend steigert. In Analogie mit dem, was Boehm[1] für Curarin nachgewiesen hat, nämlich, dass dieses Gift, ehe es die Reizbarkeit der Nervenenden vernichtet, ihre Ermüdbarkeit erhöht, darf man wohl auch für Strychnin die ähnliche Wirkung als eine Curarewirkung bezeichnen.

Für Esculenten hat Poulsson[2] gezeigt, dass die Strychninkrämpfe die unvergifteten Nervenendigungen überhaupt kaum angreifen, während das Strychnin ohne Krämpfe sie in ziemlich kurzer Zeit lähmt. Bei seinen Versuchen hat er vor der Vergiftung die Schenkelarterie des einen Beines unterbunden und den Ischiadicus des anderen durchschnitten. An diesem Beine wurde bald die Reizbarkeit aufgehoben, an jenem kaum verändert. Bei Temporarien hat er mit dieser Anordnung keinen „so deutlichen Unterschied nachweisen können, weil bei dieser Froschart auch das Strychnin die Erregbarkeit nicht wesentlich herabsetzt", was mit meinen Versuchen Abtheilung I übereinstimmt.

---

[1] A. a. O. [2] A. a. O., S. 32.

III. Ersatz der Krämpfe mit tetanisirender Reizung.

Da also auch kurzdauernde Strychninkrämpfe die Eigenschaft besitzen, eine solche Curareermüdung hervorzurufen, könnte man sich möglicherweise vorstellen, dass eben die vom Rückenmarke aus durch die Vergiftung ausgelösten Krämpfe etwas Besonderes an sich hätten, dass diese Entstehungsart der krampfhaften Contractionen für die Entwickelung der Curarewirkung ganz speciell disponirten. Die oben (S. 310) citirte Aeusserung Harnack's scheint auf eine solche Auffassung hinzudeuten. Um diese Frage etwas zu beleuchten, habe ich versucht, den Einfluss der Krämpfe durch denjenigen der tetanisirenden Reizung der Nerven zu ersetzen. Die Wirkungsintensität der Reflexkrämpfe zu schätzen und ein entsprechendes Quantum electrischer Reize dem Nerven zuzuführen, ist natürlich unmöglich. Die Versuche zeigen jedoch, dass die künstlichen Tetani eine den „natürlichen" ganz analoge Wirkung ausüben.

Versuch X. 14./II. Körpergewicht 30 g. — Unterbindung der linken Schenkelarterie, Durchschneidung des rechten N. ischiadicus. 3 mg Chloret. strychnic. (5 mg : 50 g). Circulation (ausser im linken Beine) noch 9 Minuten vor der Decapitation gut erhalten. Reflexe fast nur im linken Beine. Herz bei der Präparation stillstehend, noch mechanisch reizbar. — Das rechte (vergiftete) Präparat zuerst während 3 Minuten mit kurzen (jede zweite Secunde wiederholten) tetanisirenden Reizen vom Nerven aus behandelt. Obgleich der Muskel bei den Strychninkrämpfen nicht betheiligt gewesen, ist er nachher beinahe erschöpft. Bei nachfolgender Prüfung mit Einzelschlägen, 10 cm R.-A., wurden fast alle Zuckungen minimal: Erste Zuckung 1·6 mm, die letzte unmessbar; Zuckungszahl = 33. — Das linke (unvergiftete) Präparat, welches die Strychninkrämpfe mitgemacht hat, führt (ohne vorherige Tetanisirung) bei 10 cm R.-A. eine ziemlich lange Zuckungsreihe aus: Erste Zuckung 9·9 mm, die letzte 0·6 mm; Zuckungszahl = 260.

XI. 15./II. Gewicht 29 g. — Durchschneidung beider Ischiadici, Unterbindung der linken Schenkelarterie. — 2·9 mg des Giftes (5 mg : 50 g). 10 Minuten nach der Injection die Circulation (der rechten Schwimmhaut) in den grösseren Gefässen recht gut erhalten. Bei der Präparation (30 Min. nach der Injection) Herz stillstehend, beinahe unreizbar. Das rechte (vergiftete) Präparat wurde 6 Min. lang durch kurze tetanisirende Reize ermüdet (erste tetanische Contraction 15·2 mm, die letzte 5·8 mm; die Reihe ziemlich unregelmässig). Bei Prüfung mit Einzelschlägen führt dieses Präparat nachher eine kurze Reihe beinahe minimaler Zuckungen aus: Erste Zuckung 1 mm, letzte minimal; Zuckungszahl = 30; hat sich nach einigen Minuten etwas erholt: Erste Zuckung 2 mm, letzte 0·6 mm; Zuckungszahl = 84; macht aber nachher auch bei 0 cm R.-A. nur einige niedrige und unregelmässige Zuckungen. Das linke (unvergiftete) Prä-

parat auch wie das andere 6 Min. lang tetanisirt (erste tetanische Contraction 19 mm, letzte 14·6 mm; höhere, mehr regelmässige, langsamer abnehmende Zuckungen als die der vorigen Tetanusreihe). Bei der folgenden Prüfung mit Einzelschlägen (10 cm R.-A.) scheint das Präparat stark angegriffen: Erste Zuckung 0·9 mm, letzte 0·7 mm; Zuckungszahl = 48. Die Zuckungen nahmen aber sehr wenig ab, und das Präparat hätte sicher noch eine lange Reihe überminimaler Zuckungen ausführen können. Uebrigens waren die Reize offenbar untermaximal, denn bei 7 cm R. A. hat das Präparat nachher folgende Reihe ausgeführt, die jedoch nicht bis zur Ermüdung fortgesetzt wurde: Erste Zuckung 5·3 mm, letzte 1·2 mm; Zuckungszahl = 800.

Der Versuch X. zeigt, dass ein deutlicher Unterschied besteht zwischen dem Einfluss der Krämpfe auf das unvergiftete Präparat (welcher Einfluss diesmal recht bedeutend war) und dem der künstlichen, tetanisirenden Reize auf das vergiftete: dieser ist viel intensiver als jener. Es ist jedoch recht gut möglich, dass die 90 kurzen tetanisirenden Reize, welche das vergiftete Präparat während 3 Minuten trafen, an sich schon mehr ermüdend wirken könnten, als die während einer halben Stunde auftretenden Strychninkrämpfe. Dieser Einwand lässt sich jedoch nicht gegen Versuch XI. erheben. Bei diesem Versuch wurde vor der Prüfung sowohl das vergiftete wie das unvergiftete Präparat, welche beide vor der Wirkung der Strychninkrämpfe geschützt gewesen, von 180 kurzen, tetanisirenden Reizstössen während 6 Minuten getroffen. Nachher erwies sich das vergiftete Präparat als bedeutend stärker angegriffen. Zwar ist der Unterschied in Wirkungsintensität der tetanisirenden Reize auf die vergifteten und unvergifteten Präparate nicht so gross wie in mehreren Versuchen, wo die Strychninkrämpfe eingewirkt haben. Dieser Unterschied kann aber davon bedingt sein, dass bei der Anordnung mit künstlichen Reizen (besonders Versuch XI) diese nur ausgeschnittene, circulationslose Gebilde trafen. Waren diese Gebilde unvergiftet, haben sie natürlich weniger Widerstandsfähigkeit besessen, als diejenigen unvergifteten Präparate, welche während der Einwirkung der ermüdenden Krämpfe noch nicht herauspräparirt waren. Waren sie aber bei jener Gelegenheit vergiftet, so sind während der ermüdenden Thätigkeit (post praeparationem) keine neuen Giftmengen vom Blute aus hinzugeführt; dadurch wurden möglicherweise die vergifteten Präparate weniger angegriffen, als wenn sie intra vitam, bei erhaltener Circulation (mit vergiftetem Blute), an den Krämpfen theilgenommen hätten.

Jedenfalls zeigen die Versuche, dass die „künstlichen Krämpfe" einen analogen Einfluss auf die Entwickelung der Curareermüdung ausüben als die Strychninkrämpfe selbst.

B. Brucin.

Obgleich das Brucin auch bei Temporarien oft nicht besonders starke Krampferscheinungen hervorruft und es also überflüssig erscheinen könnte, in diesem Zusammenhange auch dieses Gift zu berücksichtigen, mag jedoch des Vergleiches halber mit Strychnin wenigstens ein Brucinversuch hier mitgetheilt werden. Meine früher publicirten Brucinversuche sind unter etwas verschiedenen Verhältnissen in Bezug auf Apparat und Versuchsmaterial (Frösche) ausgeführt und können daher vielleicht nicht ohne Weiteres mit den Strychninversuchen hier oben zusammengestellt werden.

Versuch XII. 28./III. Körpergewicht 23 g. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 4·6 mg Brucin. sulphur. (1 Procent). — 10 mg auf 50 g Körpergewicht in den Bauchlymphsack. — Nach Reflexsteigerung und Andeutungen zu Krämpfen vollständige Erschlaffung. — Bei der Präparation das Herz schlaff, schlägt sehr langsam (6 in 1 Min.); Atropin beschleunigt kaum. Das rechte, durch die Reflexbewegungen beeinflusste Präparat giebt bei 10 cm R.-A. nur zwei Zuckungen; die erste 2·2 mm, die zweite minimal. — Das linke, unermüdete Präparat führt bei 10 cm R.-A. eine kurze, etwas unregelmässige Reihe aus: Erste Zuckung 7·3 mm, letzte 0·7 mm, Gesammtzahl der Zuckungen = 35.

Der Unterschied zwischen dem unermüdeten und dem ermüdeten Präparat ist deutlich, obgleich die Bewegungen des einen Muskels nicht besonders heftig oder ermüdend waren. Dass sie jedoch eingewirkt haben, ist natürlich, da das Brucin ein stark curareähnlich wirkendes Gift ist und daher vor der Vernichtung der Reizbarkeit der motorischen Nervenendigungen deren Ermüdbarkeit bedeutend erhöht. Jedoch ist der Unterschied sehr viel geringer, als bei Strychnin, was darauf hinweist, dass

das Brucin auch unabhängig von Krämpfen und sonstigen ermüdenden Einflüssen in weit höherem Masse als Strychnin Curarewirkung hervorruft. Wenn man den Einfluss der Krämpfe und dergleichen ausschliesst, ist auch bei Temporarien sowie bei Esculenten das Brucin ein stärkeres Curaregift als das Strychnin.

Zur Angabe eines bestimmten Giftigkeitsverhältnisses eignen sich die hier mitgetheilten Versuche nicht, weil in Versuch V oben mit gleicher Gabe von Strychnin und mit durchschnittenem Nerven die Zuckungsreihe lange vor der Ermüdung des Präparates unterbrochen wurde. Das Brucinpräparat war nach 35 Zuckungen erschöpft, das Strychninpräparat hat sicher weit mehr als 400 Zuckungen ausführen

können. Das Brucin ist also, nach diesen Versuchen zu urtheilen, bei Temporarien bedeutend mehr als zehnmal so stark curarewirkend als das Strychnin.

C. Morphin.

Im Allgemeinen wird angegeben, dass das Morphin auf die motorischen Nervenendigungen sowie auf die Muskelsubstanz keinen Einfluss ausübt. Zwar hat einst Albers[1] angegeben, dass dieses Gift die Reizbarkeit dieser Nervenenden aufhob. Er hat aber grosse Gaben benutzt und die Prüfung der Reizbarkeit spät unternommen. Seine Angaben werden auch von mehreren Forschern, wie Onsum,[2] Gscheidlen[3] und später Witkowsky[4] bestritten. Sie heben hervor, dass, wenn man nur vor der Vergiftung oder wenigstens vor dem Ausbruch der Krampferscheinungen den N. ischiadicus durchschneidet, die faradische Reizbarkeit mehrere Stunden unverändert bestehen bleibt. Wird aber der Nerv nicht durchschnitten, so sinkt seine Reizbarkeit allmählich und wird zuletzt ganz aufgehoben, was einfach davon bedingt sein sollte, dass die Krämpfe die motorischen Nervenendigungen ermüdet hätten.

Später haben Stockmann und Dott[5] die Richtigkeit der Angaben von Albers nachgewiesen. Sie vermuthen, dass in den Versuchen Witkowsky's das Morphium nicht in genügender Menge die motorischen Nervenenden erreicht hat. Wenn man das Gift in grosser Gabe direct in die Aorta einspritzt, stellt sich auch nach vorheriger Durchschneidung des Nerven Curarewirkung ein (Versuch dieser Art wird nicht mitgetheilt). Auch tritt diese Wirkung bei folgendem Experiment hervor: Einem decapitirten Frosch wurden Arteria und Vena femoralis links unterbunden; beide Ischiadici präparirt, reagirten bei 22 cm Rollenabstand. Dann wurden 5 cg Morph. hydrochlor. subcutan injicirt. Der Frosch machte das paralytische und das tetanische Stadium durch; lag am folgenden Tage erschöpft; das Herz schlug noch. Der linke Ischiadicus (am unvergifteten Bein) gab bei 10 cm Rollenabstand deutliche Zuckungen (Reizbarkeit nur herabgesetzt), der rechte (am vergifteten Bein) keine (Reizbarkeit aufgehoben). Stockmann und

[1] Albers, *Virchow's Archiv.* (1863.) Bd. XXVI, S. 266.

[2] Onsum, *Norsk Magazin for Lægevidenskaben.* 1864. S. 636.

[3] Gscheidlen, *Untersuchungen aus dem physiol. Laboratorium in Würzburg.* 1869.

[4] Witkowsky, *Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmakol.* (1877). Bd. VII, S. 253.

[5] *British med. journal.* Juli 26, 1890. p. 189 folg.

Dott haben auch beim Kaninchen die Curarewirkung des Morphins nachgewiesen, indem sie die Giftlösung direct in die Arteria femoralis eingespritzt haben.

Nach den jetzigen Anschauungen beweisen aber schon die Versuche von Onsum, Gscheidlen und Witkowsky, dass das Morphin in derselben Art wie das Strychnin Curarewirkung besitzt. Da nämlich die Morphinkrämpfe wohl meistens weder besonders heftig, noch sehr anhaltend sind, ist es unmöglich, dass sie allein die motorischen Nervenenden erschöpfen könnten, wenn nicht die Ermüdbarkeit dieser Gebilde durch das Gift bedeutend gesteigert wäre. Um diese Auffassung noch mehr zu begründen, theile ich ein paar Versuche nach der hier angewandten Methode mit.

Nur in einer Beziehung unterscheiden sich die Morphinversuche von den vorigen und nachfolgenden. Da nämlich die Morphinkrämpfe erst ziemlich spät, eine Stunde oder mehr nach der Vergiftung, sich entwickeln, musste dieses Stadium ablaufen, ehe das Thier getödtet wurde. In den beiden nächstfolgenden Versuchen sind also 80 statt 30 Minuten zwischen der Vergiftung und der Präparation verflossen. Es wurde eine 5 proc. Lösung von Morphin. hydrochloric. benutzt.

Morphinversuche.

Versuchsnummer und Giftgabe (Centigramm auf 50 g Körpergewicht)	Rollenabstand Centimeter	Zuckungshöhen in Millimetern				Zahl der Zuckungen	
		Nerv durchschnitten		Nerv erhalten		Nerv	
		Anfang	Ende	Anfang	Ende	durchschnitten	erhalten
XIII. 6·6 : 50	8 und 10	13·6	1·2	9·7	Minim.	295	26
XIV. 8·6 : 50	8	9·8	1·9	3·0	„	450	28

Bemerkungen zu den Versuchen XIII und XIV.

XIII. 11./IV. Körpergewicht 38 g. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 5 cg Morphin. hydrochlor. in den Bauchlymphsack. — In 20 Min. totale Lähmung, nach 30 Min. Andeutung zu Reflexsteigerung, welche später zunimmt. Nach 1 Stunde haben die gesteigerten Reflexe immer mehr den Charakter kurzer Tetani angenommen: bei jeder Berührung eine schnelle Streckbewegung und ein kurzes Zittern. Herz schlägt gut. Die Reflexsteigerung dauert an, die Bewegungen an sich aber werden bald immer kleiner und mehr abgeschwächt. — Präparation 1 Stunde 20 Min. nach der Vergiftung. (Dabei ziemlich viel Morphiumlösung unresorbirt im Bauchlymphsack.) — Reihe des rechten (vorher ermüdeten)

Präparates sehr unregelmässig mit einzelnen grossen Contractionen, die des linken auch am Ende unregelmässig.

XIV. 16./IV. Gewicht 29 g. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 5 cg des Giftes. — Symptome wie in Versuch XIII. Präparation 1 Stunde 20 Min. nach der Injection. Herz schlägt gut. — Unresorbirte Lösung wie oben. — Die Reihen regelmässig.

Diese Versuche zeigen erstens, dass die Morphiumkrämpfe das schnelle Eintreten der Ermüdung in hohem Grade befördern. Präparate, welche das Krampfstadium mitgemacht haben, ermüden wenigstens 11 bis 17 mal schneller als diejenigen, welche vorher nicht ermüdet waren.

Weiter geht aus ihnen hervor, dass das Morphium sogar unabhängig von den Krämpfen eine, wenn auch ziemlich schwache Curarewirkung ausübt. Denn wenn ein Nervmuskelpräparat bei Reizung vom Nerven aus mit einzelnen, maximalen Inductionsschlägen nach 300 bis 450 Zuckungen beinahe erschöpft ist (während die directe Muskelreizbarkeit normal bleibt), dann sind die motorischen Nervenendigungen sicher nicht normal, ihre Ermüdbarkeit ist abnorm erhöht. Wie oben angedeutet, wird die Curarewirkung des Morphins auch noch dadurch bewiesen, dass die ziemlich unbedeutenden Krämpfe die motorischen Nervenendapparate so stark angreifen können.

Das Morphium scheint also in Bezug auf die hier studirte Wirkung sich dem Strychnin zu nähern. Jedoch ist die Stärke des Morphins bedeutend geringer. Eine vergleichende Messung ist auf Grund dieser Versuche eigentlich kaum erlaubt, weil die Wirkungszeit der Gifte sehr verschieden war. Einerseits hat das Morphium viel längere Zeit eingewirkt als das Strychnin, andererseits sind mit jenem Gifte die so bedeutungsvollen Krämpfe weit später eingetreten als mit diesem. Und da übrigens die Resorption des Morphins sehr unvollständig war, lässt sich über das Giftigkeitsverhältniss nichts Sicheres aussagen. Das Strychnin ist wohl wenigstens 10 bis 20 mal giftiger für die Nervenenden als das Morphin.

Aus dem Gesagten geht hervor, warum man über die Nervenendenwirkung des Morphins sowie über diejenige des Strychnins zu verschiedenen Resultaten gekommen ist. Die streitigen Ansichten haben beide etwas Richtiges enthalten: das Morphium greift unzweifelhaft die motorischen Endapparate an; diese Wirkung kommt aber gewöhnlich nur unter Vermittelung der Krämpfe deutlich zum Vorschein.

D. Hydrastin.

Die Pharmacologie der Hydrastisbasen ist von vielen Forschern bearbeitet worden.[1] Der motorischen Nervenendwirkung scheinen sie aber wenig Aufmerksamkeit gewidmet zu haben, was ja sehr natürlich ist, da diese Wirkung von keiner praktischen Bedeutung ist und mit den Hauptwirkungen dieser Gifte nichts zu thun hat.

Was das Hydrastin betrifft, so wurde meistens angegeben, dass es bei Kaltblütern die Reizbarkeit der motorischen Nervenenden erhöhe (Bartholow 1884, Mays 1885, Slavatinsky 1886); nur Cerna[2] hat gefunden, dass es die Erregbarkeit der peripheren motorischen Nerven sowie die der Musculatur aufhebe, und diese Gebilde lähme. Eine locale Affection der Muskelsubstanz hatte übrigens schon früher Edm. Falk gefunden.

Da das Hydrastin einerseits ein ausgesprochenes Krampfgift ist, andererseits eine gewisse Curarewirkung besitzen soll, übrigens das Herz und, wenigstens local, auch die Muskelsubstanz angreift, schien es von Interesse zu sein, nachzusehen, wie diese verschiedenen Wirkungen in einander greifen und in diesem Zusammenhange besonders, ob die Krampfsymptome für die Entwickelung der Curarewirkung von Bedeutung sind.

Das mir zu Gebote stehende Hydrastinpräparat war Hydrastin. puriss. chryst. Merk, woraus durch Zusatz von Säuren Lösungen bereitet wurden. Für Versuch XV und XVI wurde eine 1 proc. Lösung mit Hülfe von möglichst wenig Salpetersäure bereitet, für Versuch XVII bis XIX eine 5 proc. mit einigen Tropfen Salzsäure. Die Lösungen waren sehr wenig sauer.

Der Applicationsort des Giftes ist für die Resultate von Bedeutung, weil die locale Wirkung auf die Muskelsubstanz unter Umständen eine Rolle spielt. Ich habe daher bei den folgenden Versuchen verschiedene Applicationsorte geprüft, welche auch zum Theil ungleiche Resultate gegeben haben. (Siehe die Tabelle Seite 325.)

Bemerkungen zu den Versuchen XV. bis XIX.

XV. 21./II. Körpergewicht 30 g. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 1·8 cg Hydrastin. nitric. in den Bauchlymphsack. — Nach 1 Min. Tetanus; dann bald Lähmung mit Reflexsteigerung, die Reactionen immer schwächer. 20 Min. nach der Vergiftung Reflexe beinahe auf-

[1] Ueber die Litteratur dieses Capitels siehe K. von Bunge, *Ein Beitrag zur Kenntniss der Hydrastis canadensis* ... Dissert. Dorpat 1893.

[2] Cerna, *Therap. Gazette.* May 15, 1891.

Hydrastinversuche.

Versuchsnummer und Giftgabe (Centigramm auf 50 g Körpergewicht)	Rollenabstand Centimeter	Zuckungshöhen in Millimetern				Zahl der Zuckungen	
		Nerv durchschnitten		Nerv erhalten		Nerv	
		Anfang	Ende	Anfang	Ende	durchschnitten	erhalten
XV. 3:50	10	10·1	4·2	6·8	5·0	532	360
XVI. 5:50	10	12·2	0·5	12·8	1·0	250	125
XVII. 5:50	10	—	—	8·3	1·0	—	630
XVIII. 5:50	10—0	—	—	—	—	—	0
XIX. 5:50	10—6	10·9(16)	15·0	5·0	0·1	sehr gross	117

gehoben. — Bei der Präparation (30 Min. nach der Injection) viel unresorbirte Lösung im Lymphsack. Herz geschwollen, schlug sehr langsam. — Beide Ermüdungsreihen lange vor der vollständigen Ermüdung unterbrochen (letzte Zuckungen 4·2 bezw. 5 mm). Die des linken (vorher unermüdeten) Präparates zeigt viel grössere Zuckungen (und schöne „Treppe" bis 13 mm) als die des rechten. Die Reaction des linken Präparates kann als beinahe normal aufgefasst werden.

XVI. 18./III. Gewicht 27 g. — Durchschneidung des linken Ischiadicus. — 2·7 cg Hydrastin. nitric. in den Bauchlymphsack. Ein kleiner Theil der Lösung floss durch die Wunde am linken Oberschenkel aus (Communication zwischen den Lymphsäcken?) — Symptome wie oben Versuch XV. — Beide Reihen sehr unregelmässig (die des linken Präparates sogar etwas mehr als die des rechten). Zuletzt zeigen beide eine Andeutung zu Contractur. Die Hydrastinlösung war in directer Berührung mit den Beinmuskeln — wenigstens mit denjenigen des linken Beines — gelangt.

XVII. 19./III. Gewicht 31 g. — Keine Voroperation. 3·1 cg Hydrastin. hydrochlor. in den Bauchlymphsack. Symptome wie in Versuch XV. Bei der Präparation Herz stillstehend, mechanisch etwas erregbar. — Eine lange, nicht ganz regelmässige Reihe zeigt jedoch — besonders mit den nachfolgenden normalen Reactionen bei directer Muskelreizung verglichen — eine deutliche Giftwirkung.

XVIII. 20./III. Gewicht 38 g. — Keine Operation. — 3·8 cg Hydrastin. hydrochlor. unter die Haut des linken Oberschenkels. Das linke Bein sofort gelähmt, todtenstarr. Im rechten Bein sowie in Muskeln des Rumpfes und der Vorderextremitäten bald Krämpfe. Nach 25 Min. noch Reflexsteigerung, Bewegungen jedoch schwach; keine Krämpfe mehr. — Bei der Präparation Herz stillstehend, stark angeschwollen, noch mechanisch reizbar; Atropin unwirksam. — Muskeln des linken Beines starr, rauh und weisslich verfärbt, die des rechten sehen normal aus. — Das

Präparat vom rechten Bein giebt bei 10 cm R.-A. keine Reaction, bei 0 cm drei einzelne grössere Contractionen und einige unmessbare Andeutungen. Auch bei directer Muskelreizung (0 cm) nur eine sehr schwache Reaction (kurze Reihe). Mit kurzen tetanisirenden Reizen kleine Contractionsfolgen vom Nerven und Muskel.

XIX. 21./III. Gewicht 28 g. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 2·8 cg Hydrastin. hydrochlor. unter die Rückenhaut. Symptome ungefähr wie in Versuch XV. Bei der Präparation Herz stillstehend in Diastole, gut reizbar. Lösung zum Theil unresorbirt. Rückenmuskeln todtenstarr, diejenigen der Extremitäten sehen normal aus. Die Reihe des rechten Präparates etwas unregelmässig, zeigt einen sehr raschen Abfall bis Minimum; auch die Contractionen des direct gereizten Muskels (0 cm) sind zwar kräftiger als die indirect ausgelösten, nehmen aber auch ziemlich schnell ab. — Die Reihe des linken Präparates zeigt überhaupt kaum einen nachweisbaren Einfluss des Giftes, weist eine bedeutende „Treppe" (bis 16 mm) auf und hätte sicher stundenlang gedauert, wenn sie nicht unterbrochen worden wäre.

Aus den Versuchen XV, XVI und besonders XIX geht hervor, dass auch bei Vergiftung mit Hydrastin die Krämpfe für die Entwickelung einer, wenn auch meistens schwachen, Nervenendwirkung eine Rolle spielen.

In Versuch XV werden die Reihen vor der vollständigen Ermüdung unterbrochen; die Ueberlegenheit des vor den Krämpfen geschützten Präparates ist jedoch unverkennbar. Bei diesem scheint sogar die Ermüdung kaum schneller als bei einem normalen einzutreten.

In Versuch XVI ist die Giftlösung aller Wahrscheinlichkeit nach mit den Beinmuskeln in directe Berührung gekommen — wenigstens am linken, vor den Krämpfen geschützten Beine. Darin lag sicher die Ursache dazu, dass dieses Präparat nicht besonders viel besser als das rechte (vorher ermüdete) reagirt hat. Denn hier ist offenbar auch das „geschützte" Präparat angegriffen.

Versuch XVIII zeigt ein Beispiel davon, dass auch ein vor den Krämpfen nicht geschütztes Präparat sehr wenig beeinflusst sein kann. Dass aber auch in diesem Falle die motorischen Nervenenden etwas angegriffen sind, geht daraus hervor, dass nach beendigter Ermüdungsreihe der Muskel direct mit Einzelschlägen gereizt, besser reagirt, als bei Reizung vom Nerven aus. Denn wie ich neulich nachgewiesen habe,[1] tritt unter normalen Verhältnissen für einzelne Inductionsreize die Ermüdung des direct gereizten Muskels früher hervor, als diejenige des vom Nerven aus gereizten Präparates. Die Ursache dazu, dass die

[1] *Dieses Archiv.* (1895.) Bd. V. S. 398.

Nervenenden so wenig, die Muskelsubstanz überhaupt gar nicht angegriffen zu sein scheint, liegt möglicherweise darin, dass vielleicht eben in diesem Versuche das Herz früh beschädigt worden ist.

Was den Versuch XVIII betrifft, so ist wohl als sicher anzunehmen, dass die Giftlösung auch diejenigen Gebilde direct betroffen hat, welche später für den Versuch verwendet wurden. Zwar waren die Muskeln des rechten Beines nicht sichtbar verändert; der Wegfall jeder Reaction lässt sich aber kaum in anderer Art erklären.

Versuch XIX endlich, der am meisten beweiskräftige, zeigt folgende Verhältnisse. Beim nicht „geschützten" Präparat sind sowohl die motorischen Nervenendigungen als auch die Muskelsubstanz ziemlich stark beeinflusst, die erstgenannten jedoch deutlich in höherem Masse. In Bezug auf das vor den Krämpfen geschützte Präparat ist es fraglich, ob überhaupt eine curareähnliche Wirkung stattgefunden hat oder nicht.

Aus diesen Versuchen scheint also hervorzugehen, dass, wenn nur nicht das Hydrastin zu früh das Herz lähmt oder durch directe Berührung die Muskelsubstanz tödtet, dieses Gift — auch unabhängig von den Krämpfen — eine, wenn auch sehr schwache, Curarewirkung (Neigung zur schnellen Ermüdung) hervorruft. Wenn noch dazu Krämpfe auftreten, stellt sich diese Curareermüdung ziemlich rasch ein. Gleichzeitig entwickelt sich aber unter Umständen eine directe Muskelwirkung des Giftes: Bei directer Reizung des Muskels zeigen nämlich die Zuckungsreihen eine abnorm schnell eintretende Ermüdung. Auch bei sehr starker Hydrastinwirkung ist jedoch die Affection der Nervenenden intensiver als die der Muskelsubstanz (siehe Versuch XVIII, Bemerkungen).

In den hier mitgetheilten Versuchen ist es möglich, dass die directe Muskelwirkung zum Theil als eine Säurewirkung der schwach sauren Lösung aufzufassen ist.

Eine Steigerung der Erregbarkeit der Nervenendapparate durch Hydrastin geht aus meinen Versuchen nicht hervor. Diese sind aber nicht darauf gerichtet, und besonders sind wohl die Gaben zu gross, um diese Art der Wirkung hervortreten zu lassen.

E. Hydrastinin.

Das Hydrastinin, welches zusammen mit der Opiansäure das Hydrastin bildet, ist, wie bekannt, kein Krampfgift, greift — auch local angebracht — nicht die Muskelsubstanz an und ist für das Herz weniger gefährlich als das Hydrastin. Seine Wirkung auf den motorischen

Apparat beschränkt sich auf eine directe Lähmung (Marfori u. A.).[1] Ueber die Art dieser Lähmung äufsern sich die Autoren etwas verschieden. E. Falk bezeichnet sie als eine rein centrale; Archangelsky giebt an, dass die Reizbarkeit „der peripheren motorischen Apparate (quergestreifte Musculatur) herabgesetzt" wird;[2] von Bunge endlich[3] theilt ein paar Versuche mit, welche zeigen, dass Muskel- bezw. Nervmuskelpräparate vom Frosch, wenn sie in eine Lösung von Hydrastinin. hydrochlor. (1 : 100 bis 350) getaucht werden, etwas schneller als die Controllpräparate (in physiologischer Kochsalzlösung), obwohl ganz allmählich, ihre Reizbarkeit verlieren. Eine curareähnliche Wirkung des Hydrastinins nach Resorption desselben aus dem subcutanen Gewebe ist, so viel ich weiss, nicht nachgewiesen.

Obgleich bei der Entwickelung der Nervenendwirkung des Hydrastinins ermüdende Krämpfe keine Rolle spielen wie bei den oben abgehandelten Giften, will ich doch die Gelegenheit benutzen, zum Vergleich mit dem Hydrastin hier auch einige Versuche über das Hydrastinin mitzutheilen. Dieselben sind mit Hydrastinin. hydrochlor. Merk in 5 proc. Lösung ausgeführt.

Hydrastininversuche.

Versuchsnummer und Giftgabe (Centigramm auf 50 g Körpergewicht)	Rollenabstand Centimeter	Zuckungshöhen in Millimetern		Zahl der Zuckungen
		Anfang	Ende	
XX. 2 : 50	8·2	13·5	0·8	428
XXI. 3 : 50	8·0	2·1	Minimum	10
XXII. 5 : 50	10·0	—	—	0
XXIII. 10 : 50	10·0	—	—	0

Bemerkungen zu den Versuchen XX bis XXIII.

XX. 6./III. Körpergewicht 25 g. — Keine Voroperation. 1 cg Hydrastinin. hydrochlor. in den Bauchlymphsack. Hüpft anfangs unruhig, liegt nach 15 Min. schlaff, beinahe gelähmt, ohne dass Reflexsteigerung oder Krämpfe vorausgegangen sind. Herz schlägt gut. Präparation eine halbe Stunde nach der Vergiftung. Bei Zerstörung des Rückenmarkes noch schwache Krämpfe. — Die Ermüdungsreihe beinahe regelmässig, zeigt eine ziemlich schwache Curarewirkung.

[1] Ueber Hydrastininlitteratur siehe bei K. von Bunge, a. a. O., S. 59—68.
[2] Citirt nach K. von Bunge; das Original russisch.
[3] A. a. O., S. 112—114.

XXI. 8./III. Gewicht 31 g. — Keine Operation. — 1·86 cg des Giftes in den Bauchlymphsack. Schlaffe Lähmung total schon nach 5 Min. — Bei Zerstörung des Rückenmarkes keine Bewegung. Herz beim Eröffnen des Brustkastens stillstehend, contrahirt sich nachher mitunter sehr kräftig. Atropin beschleunigt den Puls, zuletzt sehr bedeutend. — Die kurze Zuckungsreihe ganz regelmässig. Die folgenden Zuckungen bei directer Muskelreizung von etwas wechselnder Höhe, sonst normal.

XXII. 23./II. Gewicht 36 g. — Keine Operation. — 3·6 cg des Giftes in den Bauchlymphsack. — Symptome (auch vom Herzen) wie im vorigen Versuch. — Bei Reizung vom Nerven aus (10 cm) keine Reaction; bei 2 bis 0 cm einzelne theils sehr hohe, theils kleine, unregelmässige Zuckungen; viele Reize unbeantwortet. Muskel, direct gereizt (0 cm), reagirt normal und kräftig.

XXIII. 22./II. Gewicht 29 g. — Linker Ischiadicus durchschnitten. — 5·8 cg des Giftes in den Bauchlymphsack. — Lähmung wie oben. Puls zuerst 56 pro Minute, nimmt dann schnell ab. Bei der Präparation schlagen die Vorhöfe 2 bis 3 mal schneller als die Kammer. — Das rechte Präparat (in der Tabelle oben allein berücksichtigt) giebt bei 10 bis 0 cm sowie bei kurzen tetanisirenden Reizen vom Nerven aus keine Reaction. Muskel (0 cm) normal. — Das linke Präparat vom Nerven bei 10 cm einige vereinzelte Reactionen, sonst wie oben.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass das Hydrastinin eine recht kräftige Curarewirkung besitzt. Bei einer Gabe von 3 cg auf 50 g und nicht durchschnittenem Nerven wird in einer halben Stunde die Lähmung der Nervenenden beinahe total. Hierbei haben die recht lebhaften Sprünge und Bewegungen (Excitation, Schmerz?) unmittelbar nach der Injection gleichzeitig mit dem Gifte auf die Nervenenden eingewirkt und wohl den Eintritt der Curareermüdung beschleunigt. Nach Durchschneidung des Nerven vor der Vergiftung (Versuch XXIII) giebt das Präparat auch bei Vergiftung mit 10 cg Hydrastinin auf 50 g Körpergewicht noch einige vereinzelte Reactionen.

In Bezug auf die Stärke der Nervenendwirkung des Hydrastinins lässt sich wohl aussagen, dass sie bedeutend grösser ist als diejenige des Hydrastins (vgl. z. B. Versuch XV mit XXI), grösser auch als die des Morphins. Das Brucin dagegen scheint etwa dreimal stärker curarelähmend zu wirken, weil 1 cg Brucin (Versuch XII) und 3 cg Hydrastinin (Versuch XXI) eine Wirkung von ungefähr derselben Ordnung hervorgerufen haben.

Damit, dass ich also dem Hydrastinin. hydrochlor. eine peripherisch lähmende Wirkung zuspreche, wird natürlich ein gleichzeitiger central lähmender Einfluss desselben nicht geleugnet. Das Hydrastinin besteht aus einem transformirten Isochinolin, und Isochinolin. hydrochlor. ist

wenigstens in einer Gabe von 2·5 mg auf 50 g Körpergewicht ein rein central lähmendes Gift (nach Versuch vom Verf.)[1] Durch Methylirung des Isochinolins wird dieses zu einem Nervenendgift.[2] In dem Hydrastinin kommt eben das Isochinolin methylirt vor, und es ist sehr wahrscheinlich, dass wir in der Curarewirkung des Hydrastinins einfach eine Methylisochinolinwirkung zu sehen haben. Folgende Versuche zeigen die Uebereinstimmung:[3]

Gift	Gabe Centigramm	Rollenabstand Centimeter	Zuckungshöhe in Millimetern		Zahl der Zuckungen
			Anfang	Ende	
Methylisochinolin. hydrochl.	2·5 : 50 g	10—5	3·5	Minim.	44
Hydrastinin. hydrochlor.	3·0 : 50 g	8	2·1	„	10

Durch die Verbindung des Hydrastinins mit der Opiansäure zu Hydrastin wird sowohl die central als die peripherisch lähmende Wirkung durch den reflexsteigernden und krampferregenden Einfluss gewissermassen in den Hintergrund gedrängt. Diese Reizwirkung gehört wohl nicht zu der Opiansäure an sich, sondern geht, wie es mit mehreren specifischen Wirkungen der complicirt gebauten Alkaloide so oft geschieht, eben aus der Combination ihrer Bestandtheile, aus der Bindungsart derselben oder dergleichen hervor. Wenn aber auch die peripherisch lähmende Wirkung des Hydrastins an sich wenig ausgeprägt ist, so ist sie doch noch da und wird eben durch den Einfluss der Krämpfe verstärkt und gewinnt dabei Gelegenheit, im Vergiftungsbild eine Rolle zu spielen.

Die Resultate der hier mitgetheilten Versuche können folgendermassen kurz zusammengefasst werden:

1) Das Strychnin befördert (an Temporarien) durch den Einfluss der Krämpfe in hohem Masse die Entwickelung einer Curarewirkung — d. h. zuerst eine abnorm schnelle Ermüdung, dann eine totale Lähmung der motorischen Nervenendigungen. Wenn man die Einwirkung der Krämpfe ausschliesst, verursacht das Strychnin (an solchen Thieren) überhaupt nur eine ziemlich schwache, zuweilen sogar frag-

[1] *Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmacol.* (1894.) Bd. XXXV, S. 47.

[2] Ebenda, S. 46.

[3] Die beiden Versuche sind an kleinen Temporarien (28 und 31 g) Mitte März ausgeführt. — Der eine in Leipzig 1893, der andere in Stockholm 1895.

liche, peripherische Lähmung. Sehr ähnlich verhalten sich auch Morphin und Hydrastin. Ihre Curarewirkung tritt eben dadurch am deutlichsten zu Tage, dass die Krämpfe so schnell und so stark die motorischen Nervenenden angreifen.

2) Wenn man durch Arterienunterbindung die eine hintere Extremität eines Frosches vor Vergiftung schützt, rufen die Strychninkrämpfe in diesem unvergifteten Beine nur sehr geringe oder gar keine Ermüdung hervor, während sie im vergifteten Präparate gleichzeitig eine viel stärkere Wirkung, vielleicht totale Lähmung verursachen.

3) Tetanische Reize (vom Nerven) üben eine mit dem Einfluss der Krämpfe analoge Wirkung auf die Entwickelung der peripherischen Strychninlähmung aus.

4) Das Brucin ruft auch unabhängig von Krämpfen und dergleichen in weit höherem Masse als das Strychnin Curarewirkung hervor. Wenn man den Einfluss der Krämpfe ausschliesst, ist auch bei Temporarien (sowie bei Esculenten) das Brucin ein stärkeres Gift für die motorischen Nervenendapparate als das Strychnin.

5) Das Hydrastinin besitzt eine recht starke Curarewirkung, welche wahrscheinlich als Effect des darin enthaltenen methylirten Isochinolins aufzufassen ist.

Untersuchungen über die Proteïnstoffe und die eiweissfällenden Substanzen des normalen Menschenharns.[1]

Von

Prof. **K. A. H. Mörner**

in Stockholm.

Mehrfach ist die Frage über das Vorkommen von Eiweiss im normalen Menschenharn beziehentlich über die Natur desselben discutirt worden. Die Gegenwart von genuinen Eiweisskörpern im normalen Harn wird von Senator, Posner und Plósz vertheidigt. Andere Autoren verhalten sich in dieser Frage ablehnend: wo die Gegenwart von Proteïnstoffen nicht überhaupt verneint wird, werden die vorhandenen Proteïnstoffe als Mucin bezeichnet.

Auf eine Erklärung dieser verschiedenen Aussprüche kann ich erst eingehen, nachdem ich meine eigenen Untersuchungen vorgelegt habe. Es geht nämlich aus diesen hervor, dass diese Frage verwickelter ist, als man voraussehen kann. Die Gegenwart von eiweissfällenden Substanzen im normalen Harn, deren Berücksichtigung zum Verständniss der Frage nothwendig ist, wurde nämlich in den früheren Untersuchungen nicht beobachtet. Auch wurde es in früheren Untersuchungen versäumt, die Proteïnsubstanzen elementaranalytisch zu untersuchen, was doch zur Klärung der Frage nothwendig ist.

Um Missverständnissen vorzubeugen, will ich schon jetzt hervorheben, dass meine Untersuchungen zu den in den letzten Jahren so zahlreichen Untersuchungen über die Frequenz des im Harne von Gesunden nachweissbaren Eiweisses nur eine entfernte Beziehung haben.

[1] Der Redaction zugegangen den 1. August 1895.

Durch diese Beobachtungen wird es entschieden, wie oft man, bei Verwendung des einen oder des anderen Reagenses, Eiweiss im Harne von Gesunden nachweisen kann; die Brauchbarkeit des Reagenses und die pathologische Verwerthung seines Ausschlages werden dadurch beleuchtet. Da jedoch die Empfindlichkeit der Eiweissreactionen (z. B. die Reaction nach Heller mit Salpetersäure in der Kälte, oder die mit Essigsäure und Ferrocyankalium) eine begrenzte ist, kann man daraus nicht schliessen, ob Eiweiss ein normaler Bestandtheil des Harnes sei; über die Natur des gefundenen Eiweisses erhält man dadurch nur einen sehr ungenügenden Aufschluss.

Diese Fragen indessen sind es, und besonders die letzte, welche ich zum Gegenstande meiner Untersuchungen gemacht habe.

Ich habe daher vorzugsweise Harne bearbeitet, die im gewöhnlichen Sinne eiweissfrei waren.

Der gesammelte Harn wurde stets filtrirt, ehe er bearbeitet wurde. Das zur Filtrirung benutzte Papier wurde auf Eiweiss untersucht; es ward mit Wasser und etwas Ammoniak ausgelaugt; die filtrirte Lösung wurde stark eingeengt und mit Millon's Reagens auf Eiweiss geprüft; das Ergebniss war völlig negativ.

Um Entwickelung von Bakterien fern zu halten, wurde der Harn, wo nichts Anderes angegeben ist, durch Schütteln mit Chloroform conservirt. Wenn trotzdem eine Bakterienentwickelung stattfand, wurde der Harn für die Untersuchung nicht verwerthet.

Der Harn stammte von erwachsenen (20 bis 45 Jahre alten) gesunden Männern her. In einer Reihe von Untersuchungen wurde der Harn von Frauen verwendet.

I. Die Mucinsubstanz des Harnsedimentes (der Nubecula).

Trotz mehrerer sorgfältiger Untersuchungen ist es schwer, eine Abgrenzung der Mucingruppe zu geben. Erst dann wird es möglich, dies völlig wissenschaftlich zu thun, wenn wir die Spaltungsproducte der jetzt zu den Mucinsubstanzen gerechneten Stoffe näher kennen werden.

Die Mucinsubstanzen sind Proteïde, d. h. sie enthalten Eiweiss oder ein mit Eiweiss verwandtes Component. Daneben enthalten die Mucinsubstanzen ein anderes Component, welches nach dem Kochen mit einer Mineralsäure eine alkalische Kupferoxydlösung reducirt. Die Natur dieses Componentes ist für die verschiedenen Mucinsubstanzen noch nicht ermittelt. Es wird jedoch als ein Kohlenhydrat oder als ein Derivat eines solchen betrachtet.

In einer Reihe von Untersuchungen hat Landwehr[1] die Mucinsubstanzen bearbeitet und ein Kohlenhydrat „thierisches Gummi" beschrieben, welches er in den untersuchten Mucinsubstanzen wiederfand. Er fasst die Mucinsubstanzen als eine Verbindung des thierischen Gummi's mit Eiweiss auf. Auch von Hammarsten[2] wurde aus dem Mucin der Weinbergschnecke ein Stoff dargestellt, welcher dem thierischen Gummi Landwehr's entsprach.

Die Untersuchungen Landwehr's bieten für die Kenntniss der Mucinsubstanzen allerdings viel Interesse dar; die Chemie derselben ist indessen durch dieselben noch lange nicht abgeschlossen, und in mehreren Hinsichten ist sie noch lückenhaft.

Eine Frage, welche für die folgende Darlegung bedeutungsvoll ist, betrifft die chemische Individualität der Mucinsubstanzen. Einige derselben sind als gut charakterisirte chemische Körper aufzufassen. Für das Mucin der Weinbergschnecke und der Submaxillarisdrüse des Kalbes haben die schönen Untersuchungen Hammarsten's[3] dies klargelegt; für das Sehnenmucin die Untersuchungen von Loebisch[4] und für das Mucoïd des Hühnereies die von C. Th. Mörner.[5] Hammarsten hat auch gezeigt, dass die Bindung des Eiweisses und des „Kohlenhydratcomponentes" unter einander eine solche ist, dass man nicht durch Vermischen der Lösungen von Gummi und Globulin ein Mucin erhält. Zwar ist ein solches Gemenge gewissermassen einer Mucinlösung ähnlich, scheidet sich aber in anderer Hinsicht (Gerinnbarkeit beim Kochen, Fällbarkeit der salzsauren Lösung durch Ferrocyankalium und durch Quecksilberjodid-Jodkalium; Fällung durch überschüssige Salpetersäure) deutlich davon.

Diese Frage (von der Individualität des Mucins) ist hierbei von Interesse, da Landwehr[6] angiebt, dass er im Harne thierisches Gummi gefunden habe. Nach seiner Beschreibung zu urtheilen, fand sich das Gummi in freier Form und in keiner festeren Bindung vor. Mit Eiweiss kann eine Lösung des thierischen Gummi's eine durch Essigsäure fällbare Mischung geben. Wenn diese Fällung nicht von präformirtem

[1] Landwehr, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1881. Bd. V, S. 371; — 1882. Bd. VI, S. 75; — 1883—1884. Bd. VIII, S. 114 u. 122; — 1885. Bd. IX, S. 361; — *Arch. f. d. ges. Physiologie.* Bd. XXXIX, S. 193; — Bd. XL, S. 21.

[2] Hammarsten, *Arch. f. d. ges. Physiologie.* 1885. Bd. XXXVI, S. 409 u. 426.

[3] Ebenda, S. 373—456; — *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1888. Bd. XII, S. 163—193.

[4] Loebisch, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1886. Bd. X, S. 40—79.

[5] C. Th. Mörner, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1894. Bd. XVIII, S. 525.

[6] Landwehr, *Centralbl. f. d. medic. Wissensch.* 1885. S. 369—372.

Mucin zu unterscheiden wäre, so könnte man kaum entscheiden, ob ein im Harn gefundenes Mucin als solches abgesondert wurde, oder ob es durch Zusammentreffen von Eiweiss mit thierischem Gummi entstand.

Wenn wir die Eigenschaften zusammenstellen, durch welche die Substanzen der Mucingruppe gekennzeichnet werden, so ist nach unserer Kenntniss Folgendes hervorzuheben.

Die Mucinsubstanzen sind Proteïde, d. h. nebst einem anderen Componente enthalten sie Eiweiss oder einen damit verwandten Körper. Sie geben daher mehr oder weniger vollständig die Farbenreactionen des Eiweisses.

Das andere Component der Mucinsubstanzen scheint ein Körper der Kohlenhydratgruppe zu sein; für die verschiedenen Mucinsubstanzen ist jedoch die Natur derselben noch nicht klargelegt. Beim Erwärmen mit einer Mineralsäure wird ein Körper gebildet, der alkalische Kupferlösung reducirt.

Die Mucinsubstanzen haben einen geringeren Gehalt an Stickstoff und Kohlenstoff als die Eiweisskörper. Sie sind schwefelhaltig. Die Zusammensetzung der einzelnen Mucinsubstanzen ist jedoch recht verschieden.

Durch Erhitzen der Lösung werden die Mucinsubstanzen nicht coagulirt. Sie verhalten sich negativ gegen einige Reagentien, welche die Eiweisskörper fällen (z. B. Essigsäure oder Salzsäure und Ferrocyankalium u. a.).

Die Eigenschaft, mit Essigsäure eine in Ueberschuss der Säure schwer lösliche Fällung zu geben, ist nicht, wie man früher annahm, für die Mucinsubstanzen kennzeichnend. Mehrere Körper, die man aus guten Gründen zu den Mucinsubstanzen rechnet, werden durch Essigsäure nicht gefällt. Andererseits giebt es Eiweissverbindungen, die mit Essigsäure einen schwer löslichen Niederschlag geben, ohne jedoch Mucinsubstanzen zu sein: so die Eiweissverbindungen der Chondroïtinschwefelsäure, der Nucleïnsäure, der Taurocholsäure u. a.

Die Eiweissverbindungen der Chondroïtinschwefelsäure und zum Theil die der Nucleïnsäure können durch Erhitzen mit verdünnten Mineralsäuren einen reducirenden Körper abspalten. Als Mucinsubstanzen sind sie jedoch nicht zu bezeichnen.

Da ich in dieser Untersuchung nach den von den Nieren oder den Harnwegen primär abgesonderten Körpern forsche, will ich als „Mucinsubstanz“ nur einen solchen Körper bezeichnen, der präformirt dem Harne zugemischt wird. Kann aber dargethan werden, dass thierisches Gummi und Eiweiss besonders abgesondert werden, sich aber beim Zusammentreffen im Harn verbinden, so will ich diesen Körper als eine Eiweissverbindung und nicht als Mucin bezeichnen.

Die Angaben der Litteratur über das Vorkommen von Mucin im Harn sind spärlich und unvollständig. Ausserdem sind sie dadurch etwas verworren, dass sie sich bisweilen auf im Harn aufgeschwemmtes Mucin, bisweilen auf im Harn aufgelöstes sogenanntes „Mucin" beziehen. Nur das erste werde ich hier behandeln. Auf das aufgelöste sogenannte „Mucin" werde ich in einer anderen Abtheilung zurückkommen.

Schon Berzelius[1] spricht sich über das Vorkommen von „Schleim" im Harn aus, welchen er als eine Absonderung der Blasenschleimhaut ansieht. Zum Theil scheint der Schleim sich im Harne aufzulösen. Er zeigt, dass der Schleim schon innerhalb der Harnwege ausgeschieden vorkomme, da derselbe nach Sedimentirung in der Blase am reichlichsten in der zuerst gelassenen Harnportion vorkomme. Der auf dem Filter gesammelte und getrocknete Schleim wird durch Alkali gelöst. Durch Schwefelsäure wird er nicht gelöst. Zum Theil wird er durch Essigsäure oder Salzsäure gelöst. Diese Lösung wird durch Ferrocyankalium gefällt. Auf Grund dieser letzten Angabe möchte man schliessen, dass es nicht „Mucin" im heutigen Sinne des Wortes gewesen wäre. So ungenügend diese Angaben, welche aus einer Zeit stammen, wo die Bearbeitung der Chemie der Mucinsubstanzen kaum begonnen war, auch sein mögen, so sind sie doch bis in die letzte Zeit hinein fast die einzigen, welche das Mucin berühren, das nebst Epithelzellen und anderem die Nubecula ausmacht.

In den Handbüchern der physiologischen Chemie[2] wird das ungelöste Mucin des Harns gar nicht oder nur ganz flüchtig erwähnt. Wenn einige Eigenschaften desselben angeführt werden, so sind es die Angaben von Berzelius, welche man wiederfindet.

Kühne[3] ist der einzige, bei welchem ich einige Angaben über die Natur des sogenannten Blasenschleimes gefunden habe. Er sagt: „Mucin oder eine in Natron lösliche, durch überschüssige Essigsäure

---

[1] Berzelius, *Lehrbuch d. Chemie;* übers. von F. Woehler. 3. Aufl. 1840. Bd. IX, S. 408.

[2] Siehe: Hoppe-Seyler, *Physiol. Chemie.* 1877. S. 893; — Gorup-Besanez, *Lehrbuch d. physiol. Chemie.* 1874. S. 612; — Gautier, *Chimie appliquée à la Physiologie.* 1874. Bd. II, S. 64, 125, 416; — Robin et Verdeil, *Traité de Chimie anatomique.* 1853. Bd. III, S. 350; — Halliburton, *A textbook of chemical Physiologie and Pathology.* 1891. S. 758. — Laache, *Klinisk Urinanalyse.* 1893. S. 79; — Hammarsten, *Lärobok i fysiologisk kemi.* 1883. S. 447, 490, 553 und *Lehrbuch der physiologischen Chemie.* 1891. S. 277, 314, 357.

[3] W. Kühne, *Lehrbuch d. physiol. Chemie.* 1868. S. 466.

wieder fällbare Substanz ist noch nie darin nachgewiesen; der Filterrückstand oder besser die durch Abschlämmen mit Wasser auf grossen Uhrgläsern gesammelte Substanz zeigt dagegen alle Reactionen des Eiweisses deutlich, ebenso die filtrirte Natronlösung der Masse."

Auch die Handbücher der Harnanalyse theilen über die Zusammensetzung des sogenannten Blasenschleimes nur wenig mit. In der Anleitung zur Analyse des Harns von Neubauer und Vogel, Aufl. 7 (1876) wird (S. 137) der im Harn ungelöste Schleim erwähnt; die Natur desselben wird nicht näher mitgetheilt.[1] In der folgenden, von Huppert bearbeiteten Auflage wird der Schleim nur bei Besprechung der organisirten Sedimente erwähnt, wo die Nubecula als aus Zellen bestehend beschrieben wird; die Gegenwart von Mucin in derselben wird nicht angeführt. Im Artikel „Mucin" (S. 95) wird nur das im Harn aufgelöste sogenannte Mucin beschrieben. In der folgenden, ebenfalls von Huppert bearbeiteten Auflage (1890) ist die Beschreibung des ungelösten Mucins dieselbe (S. 371). Das im Harn aufgelöste sogenannte Mucin wird mucinähnliche Substanz genannt, und synonym heisst es in der Beschreibung „Nucleoalbumin".

Salkowski und Leube[2] sagen: „Der Harn gesunder Menschen ist unmittelbar nach der Entleerung anscheinend völlig klar. Lässt man ihn indessen stehen, so bildet sich ein leichtes Wölkchen darin, oft in der Form eines rundlichen Ballens, der sich allmählich zu Boden senkt. Man bezeichnet diese Ausscheidung in der Regel als Blasenschleim, doch ist die Menge derselben im normalen Harn stets so gering, dass man über die chemische Natur dieser Substanz nichts Bestimmtes aussagen kann. Ohne Zweifel indessen sind diese Spuren von Schleim schon bei der Entleerung im Harn vorhanden, bilden sich nicht etwa durch eine Art von Gerinnung; nur die feine Vertheilung im Harn gleich nach der Entleerung hindert die Erkennung."

In einem Aufsatz, betitelt „de la non-existens du mucus de l'urine" verneint Méhu[3] die Gegenwart von Mucin im Harn, ohne jedoch triftige Gründe für diesen Ausspruch beizubringen.

Eine mehr eingehende Bearbeitung der Mucinfrage hat Malfatti[4]

---

[1] Ob die Eigenschaften des Mucins, welche kurz angeführt werden, einer Untersuchung des Harnmucins oder eines anderen Mucinpräparates entnommen sind, geht aus der Darstellung nicht deutlich hervor. Auf Grund meiner Kenntniss des Harnmucins scheint mir die letztere Annahme die richtige zu sein.

[2] Salkowski und Leube, *Die Lehre vom Harn.* 1882. S. 1.

[3] Méhu, *Journal de pharmacie et de chimie.* 1877. Ser. 4. Bd. XXV, S. 106.

[4] Malfatti, *Internationales Centralblatt f. d. Physiologie und Pathologie der Harn- und Sexualorgane.* Bd. I, S. 66 u. 429; Bd. III, S. 17.

geliefert. Er hat dabei theils eine im Harn aufgelöste Substanz untersucht, welche er als Mucin auffasst (ich werde im Folgenden auf diese Sache zurückkommen); theils hat er den unfiltrirten Harn mit Essigsäure versetzt und den entstandenen Niederschlag bearbeitet. Dabei ist also auch der ungelöste Schleim in die Untersuchung hineingezogen. Durch Lösen in Ammoniak und Wiederausfällen mit Essigsäure wurde die Substanz gereinigt. Seine Untersuchung ist darauf gerichtet, die Abspaltung einer reducirenden Substanz beim Kochen mit einer Mineralsäure darzulegen. Er fand diese Annahme bestätigt und schliesst daraus auf die Mucinnatur dieser Substanz. Dass jedoch dieser Schluss nicht bindend ist, da Chondroïtinschwefelsäure und vielleicht auch Nucleïnsäure durch Essigsäure fällbare Eiweissverbindungen geben können, die mit einer Mineralsäure gekocht eine reducirende Substanz abspalten, habe ich schon früher hervorgehoben.

Malfatti hat ferner beobachtet, dass aus dem Essigsäureniederschlage durch Alkali ein Körper abgespaltet wurde, der als Kupferoxydverbindung gefällt werden konnte. Dieser Körper wirkte gar nicht oder nur schwach reducirend; nach dem Kochen mit einer Mineralsäure reducirte er aber reichlich die alkalische Kupferoxydlösung. Ebenso verhält sich auch ein Mucin; diese Eigenschaft kann jedoch auch von Chondroïtinschwefelsäure oder Nucleïnsäure herrühren und ist also dem Mucin nicht ausschliesslich eigen.

Uebrigens hat Malfatti weder eine Analyse noch eine eingehendere Untersuchung dieser Essigsäurefällung aus dem Harn ausgeführt.

Um das Sediment zu sammeln, habe ich bisweilen die durch Chloroform conservirten Harnproben filtrirt; bisweilen wurde die Nubecula durch Stehen zur Abscheidung gebracht. Der klare Harn wurde enthebert und das Sediment auf das Filtrum gesammelt. Die schleimige Belegung des Filtrums wurde in Chloroformwasser oder besser in Weingeist aufgehoben, bis das Sediment von 25 bis 250 Liter Harn angesammelt war. Das Sediment wurde dann in Wasser vertheilt und mit Ammoniak bis zu schwach alkalischer Reaction versetzt; durch weiteren Zusatz von Ammoniak wurde die Reaction schwach alkalisch gehalten. Ausser der Mucinsubstanz geht dabei etwas Harnsäure in Lösung. Bisweilen scheint auch ein wenig Eiweiss in der Lösung vorzukommen. Nachdem die Mucinsubstanz aufgelöst war, wurde Kohlensäure in die (nicht filtrirte) Lösung (1 bis $1^1/_2$ Liter) hineingeleitet, bis die Reaction schwach sauer war. Nachdem die Lösung einen oder zwei Tage in der Kälte gestanden hatte, wurde sie durch gutes Papier

klar filtrirt. Die Harnsäure wird dabei zum allergrössten Theile entfernt. Auch das Eiweiss kann dann ungelöst bleiben, so dass kein Eiweiss bei der ferneren Bearbeitung mit der Mucinsubstanz ausfällt.[1]

Die Lösung wird dann mit Essigsäure bis zu etwa 0·4 Procent versetzt. Gewöhnlich bleibt sie dann fortdauernd klar und enthält nur vereinzelte klare Schleimklümpchen; sie wird jedoch auffallend dickflüssig wie eine Gummilösung. Gewöhnlich findet sich nämlich eine hinreichende Menge von Salzen vor, um die Abscheidung der Mucinsubstanz zu verhindern. Um die Mucinsubstanz abzuscheiden, wird eine reichliche Menge Chloroform zugesetzt und mehrmals kräftig geschüttelt. Binnen Kurzem scheidet sich dann eine flockige, etwas klebrige Fällung aus. Diese wird am besten mittels der Centrifuge gesammelt und mit Essigsäure (0·2 bis 0·4 Procent), die mit Chloroform gesättigt ist, gewaschen. (Das Filtriren der Fällung geht langsam, und diese kann sich dabei wieder auflösen.)

In der Mutterlauge findet sich bisweilen viel von der Mucinsubstanz vor. Sie wird deshalb gesammelt und bearbeitet.

Die ausgeschiedene Mucinsubstanz wird dann in Wasser, oder in Wasser mit ganz wenig Ammoniak gelöst und noch einmal mit Essigsäure gefällt. Wenn die Mucinsubstanz noch etwas Harnsäure enthält, wird diese durch nochmaliges Auflösen und Fällen entfernt. Die Entfernung der Harnsäure bietet keine grossen Schwierigkeiten dar.[2]

Zuletzt wird die Mucinsubstanz mit Weingeist und dann mit Aether zerrieben und gewaschen und darnach über Schwefelsäure getrocknet. Sie wird dann als ein weisses oder ganz schwach gelbliches Pulver erhalten.

Diese Mucinsubstanz, welche dem ursprünglichen Harnmucoïd am meisten entspricht, werde ich im Folgenden unter der Bezeichnung „durch Essigsäure ausgefällte Mucinsubstanz (das typische

---

[1] Versuche, die Harnsäure durch Dialyse der durch Natronlauge stärker alkalischen Lösung oder durch Auflösen der Mucinsubstanz in Salzsäure zu entfernen, sind nicht gut ausgefallen.

Versuche, das Eiweiss (Nucleoalbumin ?) durch partielles Fällen mit Essigsäure oder durch Zusatz von Chlorammonium (um das Ausfallen der Mucinsubstanz zu verhindern) und Fällen mit Essigsäure zu entfernen, sind nicht gelungen. Wenn es nicht gelingt, in obiger Weise das durch Essigsäure fällbare Eiweiss zu entfernen, kann die Mucinsubstanz durch eine Spur von Eiweiss verunreinigt werden. Wenn man dieses Eiweiss in der Weise zu entfernen sucht, dass man die Mucinsubstanz in kochendem Wasser löst, kann die Mucinsubstanz in einigen Eigenschaften verändert werden.

[2] Um auf Harnsäure zu prüfen, wurde die Lösung der Substanz mit Salzsäure in Ueberschuss versetzt und einige Tage in der Kälte aufbewahrt.

Harnmucoïd) schildern. Diese kann in Wasser löslich sein und ist wesentlich dieselbe als die aus der Mutterlauge erhaltene Mucinsubstanz. Da dies indessen nicht von vornherein ersichtlich ist, ziehe ich es vor, jede derselben besonders zu besprechen.

Die Filtrate von der eben angeführten Mucinsubstanz werden bei neutraler Reaction auf dem Wasserbade vorsichtig eingeengt und dann mit Weingeist bei schwach saurer Reaction gefällt. Bisweilen wird dann eine nur geringfügige Fällung erhalten, bisweilen findet sich die Hauptmenge der Mucinsubstanz in dieser Fällung vor. Dies scheint wenigstens zum Theil von der Menge der gegenwärtigen Salze abzuhängen.

Der Niederschlag wird in Wasser gelöst und die Hauptmasse der Salze durch Dialyse bei schwach saurer Reaction entfernt. Die Substanz wird dann durch Weingeist gefällt. Wenn die Lösung salzarm ist, entsteht nach Zusatz des Weingeistes nur eine Trübung; nach Zusatz von einer geringen Menge Kochsalzlösung entsteht dann ein flockiger Niederschlag. Dieser wird nochmals in Wasser gelöst, durch Weingeist gefällt, zuletzt mit Aether behandelt und über Schwefelsäure getrocknet. Es wird so ein weisses oder schwach gelbliches Pulver erhalten.

Obgleich diese Mucinsubstanz wesentlich mit der oben angeführten übereinstimmt, und obgleich auch diese durch Essigsäure gefällt werden kann, will ich aus angeführten Gründen diese Mucinsubstanz unter der Bezeichnung „In Wasser lösliche Mucinsubstanz“ besonders schildern.

Die durch Essigsäure gefällte Mucinsubstanz aus der Nubecula des Harns. (Das typische Harnmucoïd.)

Diese Mucinsubstanz betrachte ich als das typische Harnmucoïd. Die Löslichkeit derselben war nicht immer die gleiche. Bisweilen war sie in destillirtem Wasser löslich; die Reaction der Lösung war schwach sauer. Bisweilen wurde sie nicht von Wasser gelöst; bei kurz dauerndem Erwärmen quoll sie dann auf, löste sich aber nicht. Durch Zusatz von einer Spur Ammoniak oder Lauge wurde sie leicht in Wasser gelöst; auch in diesem Falle konnte die Lösung bei saurer Reaction stattfinden. Auch durch Zusatz von Natriumacetat wurde sie leicht in Lösung gebracht.

Vielleicht ist die Asche nicht ohne Einfluss auf die Löslichkeit der Substanz, und da ich sie nie völlig aschenfrei erhalten habe, kann ich nicht sagen, ob sie auch als aschenfrei löslich ist. Die Menge der

Asche ist aber gering gewesen, und einige Präparate, welche nicht mehr als 0·3 und 0·4 Procent Asche enthielten, waren in Wasser löslich; andererseits waren Präparate mit 0·5 bis 1·0 Procent Asche in Wasser unlöslich.

Einen Beweis, dass die Salze nicht das einzige und wahrscheinlich nicht das hauptsächliche Moment sind, welches die Löslichkeit in Wasser beeinflusst, habe ich darin gefunden, dass ein frisch bereitetes und getrocknetes Präparat in Wasser löslich war; am folgenden Tage war es aber nicht in Wasser löslich; auch im warmen Wasser war es nicht löslich; bei Zusatz von Ammoniak wurde es leicht bei neutraler Reaction gelöst. Es geht aus dieser Beobachtung hervor, dass die verschiedene Löslichkeit in Wasser keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Präparaten ausmacht. Ich werde später auf die Deutung derselben zurückkommen.

Die Lösung ist klar, gewöhnlich schwach gelb. Sie kann leicht filtrirt werden. Sie ist nicht dickflüssig; noch weniger ist sie schleimig oder fadenziehend.

Dieses Mucoïd giebt die Farbenreactionen der Eiweissstoffe. Die Biuretprobe und die Xantoproteïnprobe geben positiven Ausschlag. Das Reagens von Millon giebt einen Niederschlag, der beim Kochen roth wird; die Flüssigkeit bleibt ungefärbt. Bei der Reaction von Adamkiewicz mit concentrirter Essigsäure und Schwefelsäure wird beim Erwärmen eine rosenrothe Farbe erhalten.

Bei Zusatz von Essigsäure zur Lösung in destillirtem Wasser oder zu der mit ein wenig Ammoniak oder Lauge bereiteten Lösung entsteht ein Niederschlag. Wenn eine hinreichende Menge Salz zugesetzt oder beim Zusatz der Essigsäure gebildet wird, kann die Fällung ausbleiben. Die Flüssigkeit kann dann dasselbe Aussehen darbieten, welches bei der Darstellung der Substanz beobachtet wurde, d. h. sie kann klar bleiben, aber etwas dickflüssig werden. Beim Schütteln mit Chloroform wird dann eine flockige, etwas klebrige Fällung abgeschieden. Durch die Gegenwart von Salzen (Kochsalz, Chlorammonium) kann auch die Abscheidung durch Essigsäure und Chloroform erschwert oder verhindert werden; wenn eine Fällung eintritt, wird sie erst durch Zusatz von mehr Essigsäure hervorgerufen.

In einem Ueberschuss von Essigsäure kann die Fällung ohne Schwierigkeit aufgelöst werden. Die zur Lösung nöthige Menge der Essigsäure war etwas schwankend: in einem Versuch (Mucoïdgehalt der Lösung = 0·82 Procent) war ein Zusatz von Essigsäure bis zu etwa 2·5 Procent nöthig; in einem anderen Versuch (Mucoïdgehalt der Lösung = 1 Procent) wurde der Niederschlag erst bei einem Gehalt von

etwa 5·5 Procent Essigsäure gelöst. Das Harnmucoïd ist also in überschüssiger Essigsäure nicht besonders schwer löslich. Es ist darin viel leichter löslich als einige andere Mucinsubstanzen (wie das Submaxillarismucin und das Sehnenmucin).

Eine für die Mucinsubstanzen gemeinsame Eigenschaft ist die Abspaltung eines reducirenden Körpers beim Erwärmen mit einer Mineralsäure. Diese Eigenschaft kommt auch dem Harnmucoïd zu. Zu bemerken ist jedoch, dass das Mucoïd selbst gegen die alkalische Kupferoxydlösung nicht völlig indifferent ist. Wird eine Lösung des (harnsäurefreien) Mucoïds (etwa 1 Procent) mit einer Kupferoxydlösung, welche einen mässigen Ueberschuss an Alkali enthält, in dem Wasserbade erwärmt, so wird zuerst (binnen etwa 5 Minuten) keine Veränderung wahrgenommen; dann tritt allmählich eine schwache Reduction ein, und ein geringer Niederschlag von missfarbigem (durch Schwefelkupfer) Kupferoxydul setzt sich ab. Je grösser der Ueberschuss an Alkali ist, desto leichter scheint diese Reduction einzutreten.

Wird die Lösung des Harnmucoids mit einigen Procenten Salzsäure versetzt und auf dem Wasserbade erwärmt, so wird sie allmählich braunviolett gefärbt. Mit einer alkalischen Kupferoxydlösung giebt es dann viel leichter eine Reduction, und eine bedeutend reichlichere Menge von Kupferoxydul wird ausgeschieden. Die Reduction tritt jedoch lange nicht so rasch auf, als sie es in einer Traubenzuckerlösung thut.

Als eine Begrenzung der Mucinsubstanzgruppe habe ich oben angeführt, dass diese Stoffe keine Eiweissverbindungen der Chondroïtinschwefelsäure oder der Nucleïnsäure sind.

Auf Chondroïtinschwefelsäure habe ich durch Prüfung untersucht, ob Schwefelsäure beim Erwärmen mit Salzsäure abgespalten wird. Die Mucoïdlösung wurde bei neutraler Reaction oder bei Gegenwart von einem geringen Ueberschuss an Salzsäure durch Chlorbaryum auf Schwefelsäure geprüft.[1] Die klare Lösung wurde dann mit mehr Salzsäure versetzt und auf dem Wasserbade einige Stunden lang erwärmt. Die Lösung wurde dann mit Ammoniak beinahe neutralisirt. Der Niederschlag wurde auf dem Filter gesammelt, mit Wasser und dann mit verdünntem Ammoniak (um ausgefällte organische Stoffe möglichst zu lösen) gewaschen. Das Filtrum wurde dann verascht. Die Asche wurde mit reinem Natriumcarbonat geglüht, die Schmelze mit Wasser ausgelaugt und diese Lösung auf Schwefelsäure geprüft. Der Ausschlag

[1] Durch Zusatz von einigen Tropfen einer Gypslösung habe ich mich überzeugt, dass die Fällung des Baryumsulfats durch das Mucoïd nicht verhindert wird.

war bisweilen völlig negativ. Bisweilen wurde eine schwache Trübung erhalten; diese kann wohl daraus erklärt werden, dass die Substanz selbst reich an Schwefel ist, von welchem vielleicht etwas in der Fällung enthalten war, vielleicht kann auch eine Spur präformirter Schwefelsäure darin vorkommen. Bei einem quantitativen Versuche wurde aus 0·2079 ^{g} des Mucoïds 0·29 ^{mg} Schwefel erhalten; wenn man die Fehlerquellen berücksichtigt, ist dies nicht als Zeichen der Gegenwart von gepaarter Schwefelsäure zu deuten.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass die Substanz keine Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure ist.

Auf die Gegenwart von Nucleïnsäure habe ich durch Prüfung der Asche auf Phosphor untersucht.

In zwei Versuchen wurde diese Prüfung mit der quantitativen Bestimmung des Schwefels verbunden; die Substanz wurde mit Kaliumhydrat und Salpeter verbrannt; das Filtrat vom Baryumsulfat wurde auf Phosphorsäure geprüft. In einem Versuche (0·8054 ^{g} Mucoïd) wurde dieses Filtrat mit Ammoniak versetzt und erwärmt. Der entstandene geringe Niederschlag wurde gesammelt, in ein wenig Salpetersäure gelöst und mit Molybdenflüssigkeit geprüft; es wurde eine kaum wahrnehmbare Fällung erhalten.

Im anderen Versuche (0·7241 ^{g} Mucoïd) wurde das Filtrat mit Eisenchlorid versetzt, mit Soda neutralisirt und nach Zusatz von Natriumacetat aufgekocht. Der Eisenniederschlag wurde gewaschen, in Salzsäure gelöst und abgedampft; der Rückstand wurde mit einem Tropfen Salzsäure gelöst und mit Molybdenflüssigkeit geprüft. Der Ausschlag war negativ.

Auch einige andere Präparate habe ich mit negativem Ergebniss auf Phosphor geprüft.

Es ist also einleuchtend, dass die Substanz keine Nucleïnsäureverbindung des Eiweisses ausmacht.

In einigen Präparaten wurde ein wenig Phosphor aufgefunden. Da es mir nicht immer gelang, die Substanz völlig eiweissfrei zu erhalten, ist es möglich, dass in diesen Fällen etwas Nucleoalbumin zugegen war. Ich muss aber diese Frage unentschieden lassen.

Aus dem oben Mitgetheilten geht hervor, dass ein Proteïnstoff vorliegt, aus welchem eine reducirende Substanz durch Kochen mit Salzsäure abgespalten wird. Dieser Proteïnstoff ist keine Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure oder der Nucleïnsäure. Schon aus diesen Gründen kann man diesen Proteïnstoff als eine Mucinsubstanz bezeichnen. Die Fällbarkeit und die Löslichkeit desselben sprechen nicht dagegen.

Durch sein Verhalten gegen einige eiweissfällende Reagentien und durch seine Zusammensetzung wird dieser Proteïnstoff noch weiter als eine Mucinsubstanz gekennzeichnet.

Wenn die durch Essigsäure gefällte Substanz in Wasser oder Wasser mit etwas Salz gelöst wurde, konnte diese schwach saure Lösung aufgekocht werden, ohne sich zu trüben. Auch nach Zusatz einer gesättigten Kochsalzlösung entstand keine Trübung. Wurde dagegen ein wenig Blutserum zugesetzt, so trat beim Kochen starke Trübung ein.

Die Lösung des Mucoïds in Wasser oder in Wasser mit ganz wenig Ammoniak, Kalilauge oder einem Salze wird ebenso wie von Essigsäure, auch von anderen Säuren gefällt. Der Niederschlag ist in einem Ueberschuss von Salzsäure oder Salpetersäure leicht löslich. Ein weiterer Ueberschuss von diesen Säuren ruft keine Fällung hervor.

Wenn Salpetersäure, wie bei der Eiweissprobe nach Heller, unter die Lösung geschichtet wird, tritt an der Berührungsfläche der Flüssigkeiten keine Fällung auf. Einige Millimeter höher tritt ein Niederschlag auf, der allmählich verschwindet, wenn die Säure dahin diffundirt. Die Lösung des Mucoïds in Essigsäure giebt bei dieser Probe gar keine Trübung.

Wenn aber die Lösung mit etwas Eiweiss (zu einigen Procenten von dem Mucoïd) versetzt wird, so giebt diese Probe mit Salpetersäure die gewöhnliche scharfe Trübung an der Berührungsstelle der Flüssigkeiten.

Durch Metaphosphorsäure, Trichloressigsäure, Sulfosalicylsäure, Pikrinsäure, Pikrinsäure mit Citronensäure (Reagens von Esbach) kann das Mucoïd wie durch Essigsäure gefällt werden. Der Niederschlag ist in einem Ueberschuss löslich. Bei einem grösseren Ueberschuss des Reagenses entsteht (im Gegensatz zum Verhalten der Eiweisskörper) keine Fällung.

Die Lösung des Mucoïds in Essigsäure giebt mit den genannten Reagentien keine Trübung. Zugesetztes Eiweiss giebt dagegen leicht einen Niederschlag.

Die Lösung des Mucoïds in Essigsäure oder in ein wenig Salzsäure wird durch Ferrocyankalium nicht getrübt, gleichviel ob eine ganz geringe oder eine grössere Menge des Reagenses zugesetzt wird. Zugesetztes Eiweiss ist aber leicht wiederzufinden.

Die mit einem geringen Ueberschuss von Essigsäure bereitete Lösung wurde nicht durch Chondroïtinschwefelsäure gefällt.[1] Zugesetztes Eiweiss gab dagegen eine Fällung.

---

[1] Bei Gegenwart von viel Essigsäure habe ich durch Chondroïtinschwefelsäure eine Fällung erhalten, die im Ueberschuss der Säure löslich war.

Durch Chondroïtinschwefelsäure kann die Fällung des Mucoïds durch Essigsäure verhindert werden. Zum Versuche wurde eine neutrale, mit ein wenig Ammoniak bereitete Lösung des Mucoïds verwendet. Wenn diese Lösung zu einer Essigsäure von 0·2 Procent gesetzt wurde, so entstand eine reichliche flockige Fällung. War dagegen die Essigsäure mit etwas Chondroïtinschwefelsäure versetzt, so blieb die Mischung klar. Dieses war auch der Fall bei der Gegenwart von nur ganz wenig Chondroïtinschwefelsäure. Eine solche klare Lösung wurde mit Chloroform geschüttelt und filtrirt. Das Filtrum wurde mit Essigsäure von 0·2 Procent (die mit Chloroform gesättigt war) gewaschen. Das Chloroform wurde durch Weingeist entfernt. Auf dem Filtrat fand sich ein kaum sichtbarer Rückstand, welcher beim Kochen mit Millon's Reagens eine äusserst schwache Färbung annahm. Das Filtrat gab dagegen beim Kochen mit Millon's Reagens einen reichlichen Niederschlag, der beim Kochen roth wurde.

Die Gegenwart der Chondroïtinschwefelsäure hatte also fast vollständig die Abscheidung des Mucoïds durch Essigsäure und Chloroform verhindert.

Diese Beobachtung ist für die in den folgenden Abtheilungen mitzutheilenden Untersuchungen von Bedeutung, da sie zeigt, dass die Chondroïtinschwefelsäure die Abscheidung des durch Essigsäure fällbaren Mucoïds gar nicht befördert, sondern dass sie im Gegentheil das Ausfällen des Mucoïds verhindert.

Die Lösung des Mucoïds in Wasser oder mit einer Spur von Ammoniak wurde durch Quecksilberjodid-Jodkalium nicht getrübt. Ebenso wenig wurde die Lösung in Essigsäure gefällt. Zugesetztes Eiweiss gab dagegen eine Fällung. Da die essigsäurehaltige Lösung von einigen Präparaten durch Quecksilberjodid-Jodkalium schwach getrübt wurde, betrachte ich dies als ein Zeichen, dass sie nicht völlig frei von Eiweiss waren.

Die Lösung des Mucoïds in einem geringen Ueberschuss von Salzsäure verhielt sich in einzelnen Fällen gegen Quecksilberjodid-Jodkalium verschieden. Bisweilen wurde eine Fällung erhalten (ohne dass die übrigen eiweissfällenden Reagentien eine Trübung hervorriefen); in anderen Fällen wurde die Lösung nicht getrübt. Ich werde unten, bei Besprechung der Veränderung des Mucoïds durch Erhitzen, auf diesen Umstand zurückkommen.

Durch Jod-Jodkalium wurde die wässerige Lösung nicht getrübt. Ebenso verhält sich die Lösung in Essigsäure; ein wenig Eiweiss brachte aber Fällung hervor. Die Lösung in Salzsäure wurde durch das Reagens stets reichlich gefällt.

Phosphorwolframsäure nebst Salzsäure giebt eine reichliche, flockige Fällung.

Mit Gerbsäure giebt die salzarme Lösung eine nur unbedeutende Fällung; nach Zusatz von etwas Kochsalz wird eine reichliche Fällung erhalten. Die Lösung in Essigsäure wird durch Gerbsäure reichlich gefällt.

Die Mehrzahl der geprüften Metallsalze verhielt sich negativ. Kupfersulfat, Silbernitrat, Eisenchlorid, Alaun, neutrales Bleiacetat gaben keine Fällung. Ebenso verhielt sich das Sublimat; in der salzsäurehaltigen Lösung gab Sublimat keine Fällung, auch dann nicht, wenn etwas Kochsalz zugesetzt wurde.

Basisches Bleiacetat gab einen starken Niederschlag, der in einem Ueberschuss des Fällungsmittels schwer löslich war.

Durch Sättigen mit Kochsalz wurde das Mucoïd nicht gefällt, auch nicht in der Wärme.

Durch Eintragen von Magnesiumsulfat entstand eine reichliche Fällung.

Zusatz von mehreren Volumen einer neutralen gesättigten Ammoniumsulfatlösung bewirkte eine reichliche Fällung.

Wenn eine neutrale, mit etwas Ammoniak bereitete Lösung der Substanz normalem, saurem Harn zugesetzt wurde, entstand keine Trübung, wie auch die relativen Mengen der Flüssigkeiten abgemessen wurden.

Die neutrale Lösung des Mucoïds wurde einem normalen Harn zugesetzt, der während eines Tages dialysirt (er enthielt dann eine geringe Menge von Chloriden und eine nicht unbedeutende Menge von Phosphaten) und dann durch Zusatz von Essigsäure bis zu 0·15 Procent und Schütteln mit Chloroform (siehe folgende Abtheilung) gefällt worden war. Dabei entstand keine Trübung. Die Lösung wurde dann mit Chloroform geschüttelt; dabei wurde ein geringer Theil des Mucoïds ausgefällt.

Mit α-Naphtol und concentrirter Schwefelsäure wurde vorübergehend eine Rothfärbung erhalten; eine violette Farbe (wie von Zucker) wurde nicht beobachtet.

Die Lösung war ziemlich stark linksdrehend. Die specifische Drehung wurde in der Lösung von drei verschiedenen Präparaten bestimmt, wobei folgende Werthe erhalten wurden. Ein in Wasser lösliches Mucoïd (Concentration der Lösung = 0·82 Procent) gab $\alpha_D = -62°$. Ein in Wasser nicht lösliches Präparat, durch Ammoniak bei neutraler Reaction gelöst (Concentration der Lösung = 1·2 Procent) gab $\alpha_D = -67·1°$. Ein in Wasser unlösliches Präparat, durch etwas Kalilauge gelöst

(Concentration der Lösung = 1·50 Procent) gab $\alpha_D = -63·7°$. Der Unterschied der Werthe liegt ausserhalb der Beobachtungsfehler. Es ist auch wohl erklärlich, dass die Drehung nicht constant ist; durch Erhitzen der Lösung wird sie nämlich leicht verändert, wie ich dies unten näher besprechen werde.

Wenn eine Lösung des Mucoïds in Essigsäure mit einer Lösung von verdünntem Blutserum in Essigsäure (0·2 Procent) übergeschichtet wird, kann eine Trübung entstehen. Das Mucoïd scheint also schwach eiweissfällend wirken zu können.

Fünf verschiedene Präparate dieses Mucoïds habe ich elementaranalystisch untersucht. Zur Analyse wurde die Substanz bei 110° getrocknet. Die Bestimmungen des Kohlenstoffs und Stickstoffs geschahen gleichzeitig nach der Methode von Frankland-Klingemann in der Weise, welche ich beschrieben habe.[1]

---

[1] *Svensk kemisk tidskrift.* 1894. Bd. VI, S. 125—137. — Klingemann (*Annalen d. Chemie.* 1893. Bd. CCLXXV, S. 92—102) hat nachgewiesen, dass die Methode von Frankland zur gleichzeitigen Bestimmung von Kohlenstoff und Stickstoff auch bei der gewöhnlichen organischen Analyse brauchbar ist. Die Verbrennung wird mit Kupferoxyd und vorliegendem körnigem Kupferoxyd und metallischem Kupfer nach Auspumpen der Luft ausgeführt. Die Verbrennungsgase werden ausgepumpt. Das Gasvolumen wird gemessen, die Kohlensäure absorbirt und das rückständige Gas als Stickstoff berechnet.

Bei Ausführung der Methode habe ich einige Abänderungen vorgenommen. Da es mir nicht immer gelang, durch metallisches Kupfer das Stickoxyd zu entfernen, habe ich das metallische Kupfer weggelassen und eine besondere Bestimmung des Stickoxydes ausgeführt. Um das Auspumpen der Luft zu erleichtern, habe ich das pulverige Kupferoxyd vor der Zumischung der Substanz mit einigen Tropfen Wasser angefeuchtet. Beim Auspumpen wurde das Verbrennungsrohr zuletzt mit kochendem Wasser umgeben.

Der Gang der Gasanalyse war folgender: 1) Das Gasvolumen wurde bestimmt. 2) Die Kohlensäure wurde absorbirt. 3) Ein hinreichendes Volumen Sauerstoff wurde abgemessen. 4) Der Sauerstoff und das Gas wurden über etwas Wasser gemischt und dann das Volumen bestimmt. Aus der Contraction lässt sich das Stickoxyd berechnen. 5) Es wird etwas Wasserstoff abgemessen und zugesetzt. 6) Verpuffung und Messen des Volumens. 7) Die gebildete Kohlensäure wird absorbirt und das Volumen gemessen. Durch 6) und 7) werden Kohlenoxyd, welches immer in geringer Menge zugegen ist, und Wasserstoff nebst Kohlenwasserstoff, die sich bisweilen in nicht zu vernachlässigender Menge vorfinden, entfernt und bestimmt. 8) Es wird ein Ueberschuss an Wasserstoff zugesetzt und das Volumen gemessen. 9) Nach dem Verpuffen wird das Volumen bestimmt. Man kann in dieser Weise die verschiedenen Bestandtheile der Verbrennungsgase bestimmen, und die Genauigkeit der Gasanalyse lässt sich controlliren.

Zur Gasanalyse habe ich den Apparat von Frankland benutzt. Mit demselben kann man ebensowohl kleine als grössere Gasvolumina messen. Der Messungsfehler kann 0·01 bis 0·02 ccm betragen.

Zur Schwefelbestimmung wurde die Substanz mit Kalihydrat unter Zusatz von Salpeter verbrannt und die Schwefelsäure in gewöhnlicher Weise bestimmt.

Präparat I. Das Mucoïd war nicht löslich in destillirtem Wasser. Die Prüfung auf Phosphor gab nur eine minimale Spur desselben an. Der Gehalt an Asche betrug 1 Procent.

Die Bestimmung des Stickstoffes geschah nach Kjeldahl-Wilfarth. Das Ammoniak aus 0·1205 g (aschefreier) Substanz sättigte 10·8 ccm N/10-Schwefelsäure, was 12·56 Procent Stickstoff entspricht.

Bei der Schwefelbestimmung wurden aus 0·2275 g (aschefreier) Substanz 37 mg Baryumsulfat erhalten, was 2·23 Procent Schwefel entspricht.

Präparat II. Das Mucoïd löste sich nicht im destillirten Wasser. Die Prüfung auf Phosphor gab nur eine minimale Spur desselben an. Der Aschengehalt war geringer als 0·2 Procent.

Der Kohlenstoff und der Stickstoff wurden in oben angegebener Weise nach Frankland-Klingemann bestimmt. In einer Bestimmung (76·9 mg Substanz) verunglückte die Stickstoffbestimmung; das Volumen[1] der Kohlensäure war 69·10 ccm, 37·28 mg Kohlenstoff, oder 48·47 Procent Kohlenstoff entsprechend.

In einer zweiten Analyse (86·8 mg Substanz) erhielt ich 78·46 ccm Kohlensäure, 48·84 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 8·69 ccm Stickstoff ($N_2 = 6·22$ ccm; $NO/2 = 2·47$ ccm), was 12·60 Procent Stickstoff entspricht.

Das Mittel der beiden Kohlenstoffbestimmungen wird also 48·65 Procent.

Die Bestimmung des Schwefels (0·8054 g des Mucoïds) gab 134·4 mg Baryumsulfat, was 2·29 Procent Schwefel entspricht.

Präparat III. Frisch bereitet und getrocknet war das Mucoïd leicht löslich im destillirten Wasser; am folgenden Tage war es in Wasser unlöslich, löste sich aber leicht bei Zusatz von etwas Natriumacetat oder Ammoniak. Gegen die oben angegebenen eiweissfällenden Reagentien verhielt sich die Lösung negativ. Quecksilberjodid-Jodkalium gab in der

---

Durch besondere Versuche habe ich mich überzeugt, dass ein Vorkommen von Schwefeldioxyd unter den Verbrennungsgasen nicht zu befürchten war.

Bei Analyse von Rohrzucker, Hippursäure, Acetanilid, Harnstoff, Taurin und Thiosinamin habe ich befriedigende Resultate erhalten.

Die Gasanalyse ist zwar etwas umständlich. Die Methode bietet jedoch einige Vortheile dar. Die Fehler der Stickstoffbestimmung, welche sonst entstehen können, werden beseitigt. Ein Vortheil, welcher sich bei diesen Untersuchungen, wo das Anschaffen des Materials zeitraubend war, als sehr werthvoll erwies, liegt im geringen Verbrauch an Substanz. Die grösste Substanzmenge, welche ich mit Hinsicht auf die Grösse des Gasanalyseapparates zu einer Analyse gebrauchen konnte, war etwa 0·1 g, aber schon die Hälfte dieser Menge ist zu einer Analyse hinreichend. Der Verbrauch an Substanz ist also gering, und man erhält dennoch eine gute Bestimmung sowohl des Kohlenstoffes als des Stickstoffes.

[1] Die Angaben über die Gasvolumina beziehen sich natürlich auf 0° und 760mm.

salzsäurehaltigen Lösung eine geringe Trübung. Der Aschengehalt war 0·4 Procent.

Bei der Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (96·2 mg des Mucoïds) fand ich 88·12 ccm Kohlensäure, was 49·41 Procent Kohlenstoff entspricht, und 9·74 ccm Stickstoff (N_2 = 8·87 ccm; NO/2 = 0·87 ccm), was 12·73 Procent Stickstoff entspricht.

Präparat IV. Das Mucoïd löste sich nicht in destillirtem Wasser. Es verhielt sich negativ gegen die oben angegebenen eiweissfällenden Reagentien. Die Prüfung mit Quecksilberjodid-Jodkalium in salzsaurer Lösung wurde nicht ausgeführt. Der Aschengehalt war 1·2 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes (92·1 mg des Mucoïds) gab 85·40 ccm Kohlensäure, was 50·02 Procent Kohlenstoff entspricht, und 9·53 ccm Stickstoff (N_2 = 8·67 ccm; NO/2 = 0·86 ccm), was 13·01 Procent Stickstoff entspricht.

Präparat V. Das Mucoïd war nicht löslich in destillirtem Wasser; durch Zusatz von Natriumacetat oder Kalilauge wurde es leicht gelöst. Die Lösung verhielt sich nicht völlig negativ bei Zusatz von einigen der eiweissfällenden Reagentien. Die essigsäurehaltige Lösung wurde nämlich durch Quecksilberjodid-Jodkalium und durch Esbach's Reagens getrübt. Die übrigen Reagentien gaben einen negativen Ausschlag. Die salzsäurehaltige Lösung wurde durch Quecksilberjodid-Jodkalium getrübt. Das Mucoïd scheint eine Spur von Eiweiss enthalten zu haben. Die Prüfung auf Phosphor gab ein völlig negatives Resultat. Der Aschengehalt war 0·5 Procent.

Eine Bestimmung des Stickstoffes und Kohlenstoffes (98·0 mg des Mucoïds) gab 89·61 ccm Kohlensäure, 49·32 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 9·87 ccm Stickstoff (N_2 = 9·16 ccm; NO/2 = 0·71 ccm), was 12·66 Procent Stickstoff entspricht.

Eine zweite Bestimmung (107·0 mg des Mucoïds) gab 98·57 ccm Kohlensäure, 49·69 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 10·98 ccm Stickstoff (N_2 = 10·46 ccm; NO/2 = 0·52 ccm), was 12·90 Procent Stickstoff entspricht.

Das Mittel dieser Bestimmungen giebt 49·50 Procent Kohlenstoff und 12·78 Procent Stickstoff.

Die Schwefelbestimmung (0·7241 g des Mucoïds) gab 126 mg Baryumsulfat, 2·39 Procent Schwefel entsprechend.

Die Zusammenstellung dieser Analysen ist in der folgenden Tabelle enthalten.[1]

	Präp. I. %	Präp. II. %	Präp. III. %	Präp. IV. %	Präp. V. %
Kohlenstoff .	—	48·65	49·41	50·02	49·50
Stickstoff . .	12·56	12·60	12·73	13·01	12·78
Schwefel . .	2·23	2·29	—	—	2·39

[1] Die Werthe beziehen sich auf das aschenfreie Mucoïd.

Scheinbar differiren diese Präparate des Mucoïds etwas in ihrer Zusammensetzung.

Dieser Unterschied lässt sich jedoch durch einen verschiedenen Wassergehalt erklären; ich werde im Folgenden, beim Besprechen der Veränderungen des Mucoïds bei Erhitzen, auf diese Frage zurückkehren. Wenn man das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff berechnet, so erhält man die folgenden Zahlen: für das Präparat II N:C = 1:3·86; für das Präparat III N:C = 1:3·88; für das Präparat IV N:C = 1:3·84; für das Präparat V N:C = 1:3·87. Diese Uebereinstimmung berechtigt es, den Unterschied in der Zusammensetzung auf einen verschiedenen Wassergehalt zurückzuführen. (Für das Serumalbumin wird dieses Verhältniss des in gleicher Weise bestimmten Stickstoffes zum Kohlenstoffe N:C = 1:3·33.)

Grund dessen scheint es mir völlig berechtigt, das Mittel der Analysenzahlen als einen Ausdruck für die Zusammensetzung des Harnmucoïds, wie die Substanz wohl am geeignetsten genannt wird, aufzustellen, obgleich in einzelnen Fällen die Zahlen durch einen verschiedenen Wassergehalt etwas höher oder niedriger ausfallen können.

Die mittlere Zusammensetzung des Harnmucoïds wird also C = 49·40 Procent; N = 12·74 Procent; S = 2·30 Procent. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff ist N:C = 1:3·86.

Diese Zahlen liegen innerhalb der Grenzen, welche man übrigens für die Mucingruppe gefunden hat.

In der folgenden Tabelle werden diese Zahlen mit den Analysen einiger anderer der am besten als chemische Individuen charakterisirten Mucinsubstanzen zusammengestellt.

	Kohlenstoff %	Wasserstoff %	Stickstoff %	Schwefel %	Sauerstoff %	
Harnmucoïd . . .	49·40	—	12·74	2·30	—	
Schneckenmucin[1] .	50·32	6·84	13·65	1·75	27·44	Hammarsten.
Sehnenmucin[1] . .	48·30	6·44	11·75	0·81	32·70	Loebisch.
Submaxillarismucin[1]	48·84	6·80	12·32	0·84	31·20	Hammarsten.
Ovomucoïd[2] . . .	—	—	12·65	2·20	—	C. Th. Mörner.
„ [3] . . .	49·39	—	13·12	—	—	

[1] Hammarsten, *Lehrbuch d. physiol. Chemie.* 1891. S. 27.
[2] C. Th. Mörner, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1894. Bd. XVIII, S. 525.
[3] Die Bestimmungen von mir ausgeführt.

Auffallend ist die Uebereinstimmung des Harnmucoïds mit dem Ovomucoïd. Für dieses hat jedoch C. Th. Mörner keine Kohlenstoffbestimmung mitgetheilt. Um in dieser Hinsicht einen Vergleich zu erhalten, habe ich ein Präparat von Ovomucoïd dargestellt und die Analyse desselben nach der Methode ausgeführt, welche ich für das Harnmucoïd verwendet habe.

Die Darstellung des Ovomucoïds geschah nach C. Th. Mörner. Hühnereiweiss wurde in gewöhnlicher Weise unter Zusatz von Essigsäure durch Kochen coagulirt. Das Filtrat, welches mit Salpetersäure keine Trübung gab, wurde auf dem Wasserbade eingeengt und mit Weingeist gefällt. Der Niederschlag wurde mit Weingeist gewaschen und getrocknet. Der Aschengehalt, nach Abrechnung der Schwefelsäure der Asche, betrug 3·0 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (89·6 mg aschenfreier Substanz) gab 81·68 ccm Kohlensäure, 49·28 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 9·40 ccm Stickstoff ($N_2 = 8·04$ ccm; $NO/2 = 1·36$ ccm), was 13·18 Procent Stickstoff giebt.

Um mich zu versichern, dass das Ovomucoïd nicht durch Pepton oder Albumosen verunreinigt war, wurde die Lösung desselben andauernd dialysirt und dann mit Weingeist unter Zusatz von etwas Kochsalz gefällt. Der Aschengehalt des Präparates war 1·2 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (100·0 mg des Ovomucoïds) gab 91·73 ccm Kohlensäure, 49·50 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 10·40 ccm Stickstoff ($N_2 = 9·88$ ccm; $NO/2 = 0·52$ ccm), was 13·06 Procent Stickstoff entspricht.

Das Mittel dieser beiden Analysen ist 49·39 Procent Kohlenstoff und 13·12 Procent Stickstoff, welche Ziffern in der Tabelle aufgeführt wurden.

Die Uebereinstimmung in der Zusammensetzung des Ovomucoïds und des Harnmucoïds ist auffallend. Beide enthalten viel Schwefel, und in beiden findet sich derselbe zum grossen Theil als sogenannter bleischwärzender Schwefel vor.

Auch die qualitativen Reactionen der beiden Mucoïde stimmen in vielen Punkten überein.

Zu einer alkalischen Lösung von Kupferoxyd verhielten sie sich ganz übereinstimmend sowohl vor als nach dem Erhitzen mit Salzsäure.

Zu den eiweissfällenden Reagentien (Phosphorwolframsäure, Gerbsäure, Metaphosphorsäure, Sulfosalicylsäure, Trichloressigsäure, Esbach's Reagens, Essigsäure und Ferrocyankalium, Essigsäure und Quecksilberjodid-Jodkalium) verhielten sie sich einander gleich.

Das Verhalten gegen Kochsalz, Magnesiumsulfat, Ammoniumsulfat war dasselbe.

Auch in ihrer Beziehung zu Metallsalzen fand ich Uebereinstimmung. Eine Ausnahme machte nur das basische Bleiacetat. Durch dieses wurde das Ovomucoïd, wie C. Th. Mörner angiebt, nicht gefällt; das Harnmucoïd dagegen gab damit eine reichliche Fällung.

Bei Anstellung der Biuret- und der Xantoproteïnprobe war das Resultat für beide dasselbe.

Um die Untersuchung weiter zu führen, habe ich auch für das Ovomucoïd die specifische Drehung bestimmt. Es wurde $\alpha_D = -63{\cdot}6^0$ gefunden. Für das typische Harnmucoïd fand ich die Zahlen -62^0; $-67{\cdot}1^0$; $-63{\cdot}7^0$. Für das durch Erwärmen der Lösung veränderte Harnmucoïd, welches wie das Ovomucoïd im Wasser löslich ist und durch Essigsäure nicht gefällt wird, war die specifische Drehung eine etwas niedrigere als für das typische Harnmucoïd (es wurde für dieses $\alpha_D = -53{\cdot}3$ und $-58{\cdot}1^0$ gefunden). Die specifische Drehung der beiden Mucoïde spricht nicht gegen eine Verwandtschaft derselben.

In mehreren Hinsichten bieten also diese beiden Mucoïde Uebereinstimmung dar. In einigen Eigenschaften differiren sie jedoch von einander.

Das Harnmucoïd kommt im Harn in der Form einer ungelösten, aufgequollenen Gallerte vor. Nach dem Auflösen durch Ammoniak ist das Harnmucoïd fällbar durch Essigsäure. Das in oben angegebener Weise dargestellte Ovomucoïd ist in Wasser löslich und wird durch Essigsäure nicht gefällt, auch dann nicht, wenn es durch Dialyse möglichst salzarm gemacht wird, oder wenn die essigsäurehaltige Lösung mit Chloroform geschüttelt wird.

Um zu entscheiden, ob das Ovomucoïd in einer anderen als der oben geschilderten Form im Weissen des Eies vorkomme, habe ich es nach einer anderen Methode dargestellt. Das Hühnereiweiss wurde schwach sauer gemacht, durch Weingeist gefällt und einige Tage damit stehen gelassen. Das Eiweiss wurde dabei unlöslich. Das Ovomucoïd wurde dann durch Wasser ausgelöst. Es hatte dieselben Eigenschaften wie das nach dem Verfahren von C. Th. Mörner dargestellte, und ist also in dieser Form von vornherein zugegen.

Wenn die Lösung des Harnmucoïds erhitzt wird, so verliert es bald die Fähigkeit, durch Essigsäure gefällt zu werden, und gleicht dann in dieser Hinsicht dem Ovomucoïd. Darnach aber wird das Harnmucoïd durch Quecksilberjodid-Jodkalium und Salzsäure gefällt.

In essigsäurehaltiger Lösung kann das Harnmucoïd schwach eiweissfällend wirken.

Diese Eigenschaften habe ich aber beim Ovomucoïd nicht beobachtet.

Durch Abdampfen ihrer Lösungen können sowohl das Harnmucoïd als das Ovomucoïd in einer Form erhalten werden, die sich in kaltem Wasser nicht löst. Durch Erhitzen mit Wasser oder durch Einwirkung von etwas Ammoniak kann die Lösung (wenn auch langsam) bewirkt werden. Es gelang mir nicht, auf diesem Wege eine durch Essigsäure fällbare Form des Ovomucoïds darzustellen.

Im Verhalten gegen Essigsäure scheint also ein Unterschied zwischen dem Harnmucoïd und dem Ovomucoïd zu bestehen.

Ausserdem finden sich noch einige andere Verschiedenheiten vor. Das ungleiche Verhalten gegen basisches Bleiacetat und (für das erhitzte Harnmucoïd) gegen Quecksilberjodid-Jodkalium habe ich bereits hervorgehoben.

Durch Millon's Reagens wird das Ovomucoïd nicht gefällt. Beim Erwärmen wird die Lösung roth gefärbt; es entsteht aber keine Fällung. Das Harnmucoïd wird durch Millon's Reagens reichlich gefällt; beim Erhitzen wird der Niederschlag roth; die Flüssigkeit bleibt aber ungefärbt. Dies gilt auch für das durch Erwärmen der Lösung veränderte Harnmucoïd.

Beim Behandeln mit concentrirter Essigsäure und Schwefelsäure nach Adamkiewicz gelingt es mit dem Harnmucoïd leicht, eine Rosafärbung zu erzielen; mit dem Ovomucoïd dagegen ist dies mir ebensowenig wie C. Th. Mörner gelungen.

Diese Unterschiede scheinen mir hinreichend gross zu sein, um die Auffassung der beiden Mucoïde als zwei verschiedene Substanzen zu begründen. Da es an einem tieferen Einblick in den chemischen Bau dieser Mucoïde noch mangelt, ist es nämlich nicht möglich zu sagen, ob die Verschiedenheiten wesentlich oder nebensächlich sind.

Die Uebereinstimmung der beiden Mucoïde ist jedoch so auffallend, dass sie als einander verwandt angesehen werden müssen.

Die in Wasser lösliche Mucinsubstanz der Nubecula.

Schon oben (Seite 340) habe ich angeführt, dass man im Filtrate von der jetzt beschriebenen Fällung eine Mucinsubstanz wiederfinden kann. Bisweilen ist die Menge derselben grösser als die des durch Essigsäure gefällten Mucoïds.

Es ist dies eigentlich dasselbe Mucoïd als das durch Essigsäure gefällte, aber vielleicht ein wenig verändert.

Diese Mucinsubstanz verhält sich gegen alkalische Kupferoxydlösung ebenso wie das durch Essigsäure gefällte Harnmucoïd.

Sie enthält keine Chondroïtinschwefelsäure oder Nucleïnsäure.

Bei der Biuret- und der Xantoproteïnprobe, zu Millon's Reagens und zum Reagens von Adamkiewicz verhält sie sich ebenso wie das vorher geschilderte Harnmucoïd.

In Wasser war diese Mucinsubstanz stets löslich. (Ich habe sie jedoch nie so aschenfrei wie das oben beschriebene Harnmucoïd erhalten können.)

Die Lösung in Wasser wurde durch Essigsäure gefällt. Der Niederschlag wurde in überschüssiger Essigsäure ziemlich leicht gelöst.

Gegen Phosphorwolframsäure, Gerbsäure, Jod-Jodkalium, Quecksilberjodid-Jodkalium (mit Essigsäure oder Salzsäure), die Eiweissprobe mit Salpetersäure in der Kälte (nach Heller), Essigsäure und Ferrocyankalium, Metaphosphorsäure, Pikrinsäure, Pikrinsäure mit Citronensäure (Reagens nach Esbach), Sulfosalicylsäure, Trichloressigsäure verhielt sich diese Mucinsubstanz ebenso wie das schon beschriebene Harnmucoïd.

Das Gleiche war der Fall bei Prüfung mit Metallsalzen.

Mit α-Naphtol und concentrirter Schwefelsäure wurde auch hier vorübergehend eine rothe, aber keine violette Farbe beobachtet.

Die specifische Drehung wurde etwas niedriger gefunden. Sie wurde nämlich (Concentration der Lösung = 1·48 Procent) zu $\alpha_D = -59{\cdot}2^0$ bestimmt. Für das oben beschriebene (durch Essigsäure gefällte) Harnmucoïd bewegte sich dieser Werth zwischen -62^0 und $-67{\cdot}1^0$. Da dieses typische Harnmucoïd nach dem Erhitzen der Lösung eine niedrigere specifische Drehung ($-52{\cdot}6$ bis $-58{\cdot}1^0$) hat, so ist es vielleicht möglich, dass die niedrigere Drehung des hier zu schildernden Mucoïds eine beginnende Veränderung derselben Art, wie beim Erhitzen, andeutet. Diese wäre dann durch ein kräftigeres oder längeres Einwirken des Ammoniaks beim Auflösen zu erklären. Sonst lässt sich das Nichtausfallen des Mucoïds beim Zusatz von Essigsäure und Schütteln mit Chloroform durch die Gegenwart von Salzen erklären.

Die Hauptsache ist es jedenfalls, dass diese Mucinsubstanz vom Anfang an keine andere ist, als das in der vorigen Abtheilung beschriebene typische Harnmucoïd. Dies wird auch durch die Analyse bestätigt.

Präparat I. Das Mucoïd war in Wasser löslich. Die Lösung gab Fällung für Essigsäure. Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Salzsäure gab keine Fällung. Der Aschengehalt war 1·5 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (97·0 mg des Mucoïds; die Asche abgezogen) gab 90·56 ccm Kohlensäure, 50·36 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 10·01 ccm Stickstoff (N_2 = 9·37 ccm; NO/2 = 0·64 ccm), was 12·98 Procent Stickstoff entspricht.

Präparat II. Das Mucoïd war zuerst mit Essigsäure (und Chloroform) gefällt und gewaschen. Es wurde dann in Wasser nach Zusatz von etwas Kochsalz unter Erwärmen leicht gelöst. Diese Lösung wurde durch Weingeist gefällt. Das Mucoïd war in Wasser löslich. Durch Essigsäure wurde es gefällt. Die salzsäurehaltige Lösung wurde durch Quecksilberjodid-Jodkalium getrübt. Essigsäure und Ferrocyankalium gaben keine Trübung. Der Aschengehalt war 2·3 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (86·8 mg des Mucoïds, als aschenfrei berechnet) gab 80·09 ccm Kohlensäure, 50·28 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 9·04 ccm Stickstoff (N_2 = 7·65 ccm; NO/2 = 1·39 ccm), was 13·09 Procent Stickstoff entspricht.

Präparat III. Die Lösung des Mucoïds in Wasser war durch Essigsäure fällbar. Die Lösung in überschüssiger Essigsäure wurde von Quecksilberjodid-Jodkalium nicht getrübt. Bei Gegenwart von Salzsäure gab die Lösung mit Quecksilberjodid-Jodkalium eine ganz schwache Trübung. Der Aschengehalt war 3·3 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (94·3 mg Mucoïd, als aschenfrei berechnet) gab 85·81 ccm Kohlensäure, 49·11 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 9·43 ccm Stickstoff (N_2 = 8·82 ccm; NO/2 = 0·61 ccm), was 12·57 Procent Stickstoff entspricht.

Bei der Bestimmung des Schwefels wurden aus 0·2774 g des Mucoïds (als aschenfrei berechnet) 47·7 mg $BaSO_4$ erhalten, was 2·36 Procent Schwefel entspricht.

(Das in derselben Darstellung durch Essigsäure gefällte Mucoïd, Präp. V, Seite 349, enthielt 49·50 Procent C; 12·78 Procent N; 2·39 Procent S.)

Diese Bestimmungen werden in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Präp. I %	Präp. II %	Präp. III %
Kohlenstoff . .	50·36	50·28	49·11
Stickstoff . .	12·98	13·09	12·57
Schwefel . .	—	—	2·36

Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff ist für das Präparat I, N : C = 1 : 3·88; für das Präparat II, N : C = 1 : 3·84; für das Präparat III, N : C = 1 : 3·90.

Für das typische, in der vorigen Abtheilung beschriebene Harnmucoïd fand ich den Kohlenstoff = 49·40 Procent (48·65 bis 50·02), den Stickstoff = 12·74 Procent (12·56 bis 13·01) und den Schwefel = 2·30 Procent (2·23 bis 2·39). Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war N : C = 1 : 3·86 (3·84 bis 3·88).

Die Zusammensetzung des hier als „in Wasser löslicher Mucinsubstanz" geschilderten Mucoïds giebt also keinen Anlass, dasselbe als etwas anderes als das in der vorigen Abtheilung beschriebene Mucoïd zu betrachten; möglicherweise ist es etwas verändert.

Veränderungen des Harnmucoïds beim Erhitzen und die Spaltung desselben.

Wenn das über Schwefelsäure getrocknete Harnmucoïd (der Aschengehalt der Präparate war 0·3; 0·4; 0·5 Procent) auf 110° erhitzt wurde, nahm es bald constantes Gewicht an. Bei der weiteren Erhitzung desselben auf 130° habe ich eine nur geringfügige Gewichtsabnahme beobachtet. Das erhitzte Mucoïd löste sich etwas träger in Wasser mit etwas Ammoniak. Es war jedoch in einer schwachen Ammoniaklösung (0·01 Procent) schon in der Kälte löslich. Uebrigens habe ich keine Veränderung desselben wahrgenommen.

Bei Erhitzen der Lösung auf 100° erleidet das Harnmucoïd allmählich eine deutliche Veränderung.

Nach Eintrocknen der Lösung auf dem Wasserbade (in einigen der Versuche war die Lösung mit ein wenig Essigsäure versetzt) war das Harnmucoïd in Wasser fast unlöslich; auch bei Gegenwart von etwas Ammoniak wurde es gar nicht oder nur ganz langsam gelöst. Durch Erhitzen mit Wasser konnte es, wenigstens zum Theil, in Lösung gebracht werden. Beim Abdampfen verlor es wieder seine Löslichkeit.

Das nach dem Erhitzen der Lösung ausgefällte, über Schwefelsäure getrocknete und dann aufbewahrte Harnmucoïd war in Wasser löslich. Wurde dasselbe bei 110 bis 115° getrocknet, so wurde es in Wasser und in Wasser mit etwas Natriumacetat fast unlöslich.

Die Lösung in Wasser, oder die mit etwas Ammoniak oder Kalilauge bereitete, schwach saure Lösung des typischen Harnmucoïds zeigt beim Erhitzen eine deutliche Veränderung des optischen Drehungsvermögens.

Nach vier- bis fünfstündigem Erhitzen in einem zugeschmolzenen Rohre, das in kochendes Wasser niedergesenkt war, fiel die specifische Drehung in einem Falle von $-67{\cdot}3°$ auf $-53{\cdot}3°$, in einem anderen Falle von $-63{\cdot}7°$ auf $-58{\cdot}1°$. Für ein drittes Präparat, das durch Erhitzen der Lösung verändert war, wurde die specifische Drehung zu $\alpha_D = -59{\cdot}3°$ bestimmt.

Wenn das durch Erwärmen veränderte Mucoïd durch Weingeist gefällt, dann getrocknet und aufbewahrt wurde, blieb die specifische Rotation unverändert.

Bei dem Erhitzen der Lösung wurde weder die Reaction auf Lac-
ıus, noch die Farbe, noch die Durchsichtigkeit verändert.

Eine andere Veränderung des Mucoïds lässt sich aber nach dem Er-
ärmen nachweisen. Vor dem Erhitzen war das Harnmucoïd fällbar
ırch Essigsäure. Nach dem Erhitzen wurde es nicht dadurch gefällt.
ies rührt nicht von einer Aufnahme von Salzen aus dem Glase her:
eselbe Veränderung konnte beim Erhitzen in einem Gefässe aus Platin
ıchgewiesen werden.

Auch wenn das durch Erwärmen veränderte Mucoïd mit Weingeist ge-
llt, über Schwefelsäure getrocknet und dann einige Zeit aufbewahrt wor-
ɜn war, wurde die Wasserlösung desselben durch Essigsäure nicht gefällt.

Auch im Verhalten gegen einige andere Reagentien kann man
ne Veränderung beobachten. Am häufigsten war dies mit Quecksilber-
did-Jodkalium nebst Salzsäure der Fall. Gegen dieses Reagens nebst
ssigsäure und gegen die übrigen (S. 344) angeführten Reagentien war
t keine Veränderung zu bemerken.

In einem Versuche[1] bewirkten (nach dem Erwärmen) auch Queck-
lberjodid-Jodkalium nebst Essigsäure, Esbach's Reagens, und auch
richloressigsäure eine Fällung. Ebenso verhielt sich dieses veränderte
ucoïd, nachdem es durch Weingeist gefällt, dann getrocknet und
ıfbewahrt worden war.

Dieses veränderte Mucoïd wurde mit Weingeist bei schwach saurer
eaction ausgefällt.

Der Weingeist wurde verdunstet. Er lieferte einen geringen Rück-
and, der in Wasser unvollständig löslich war; beim Kochen mit
illon's Reagens wurde er nicht roth; er reducirte eine alkalische
upferoxydlösung ziemlich rasch und stark; beim Erwärmen mit Salz-
ure wurde er bald braun gefärbt; auch dann reducirte er eine al-
ılische Kupferoxydlösung.

Das durch Weingeist niedergeschlagene Mucoïd wurde getrocknet
ıd analysirt. Der Aschengehalt war 0·3 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (118·9 mg des
chenfreien Mucoïds) gab 109·23 ccm Kohlensäure, 49·56 Procent
ohlenstoff entsprechend, und 12·41 ccm Stickstoff ($N_2 = 11·81$ ccm;
$O/2 = 0·60$ ccm); was 13·12 Procent Stickstoff entspricht.

Die Schwefelbestimmung (0·3460 g) gab 59·4 mg Baryumsulfat,
eich 2·36 Procent Schwefel.

[1] Das Mucoïd scheint in diesem Falle von vornherein nicht völlig frei von weissubstanzen gewesen zu sein. Die essigsäurehaltige Lösung wurde durch ıecksilberjodid-Jodkalium und durch Esbach's Reagens schwach getrübt. Das rhalten gegen die übrigen Reagentien war negativ.

Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war N:C = 1:3·77.

Die Zusammensetzung des unveränderten Harnmucoïds (Seite 349, Präparat V) war: Kohlenstoff = 49·50 Procent, Stickstoff = 12·78 Procent, Schwefel = 2·39 Procent. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war N:C = 1:3·87.

Die Zusammensetzung des Mucoïds war also auch ein wenig verändert worden. Der Stickstoffgehalt war nach dem Erhitzen etwas höher als vorher.

Auch ein anderes Präparat, das durch Erhitzen der Lösung verändert war, habe ich analysirt. Dieses Mucoïd wurde nicht durch Essigsäure gefällt. In salzsäurehaltiger, aber nicht in essigsäurehaltiger Lösung wurde es durch Quecksilberjodid-Jodkalium gefällt. Sonst verhielt es sich wie das unveränderte Harnmucoïd. Der Aschengehalt war 2 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (87·6 mg des als aschenfrei berechneten Mucoïds) gab 79·03 ccm Kohlensäure, 48·67 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 8·69 ccm Stickstoff (N_2 = 8·19 ccm; NO/2 = 0·50 ccm), was 12·47 Procent Stickstoff entspricht.

Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war N:C = 1:3·89.

Die Schwefelbestimmung (0·3242 g des Mucoïds) gab 58·8 mg Baryumsulfat, was 2·49 Procent Schwefel entspricht.

Die Zusammensetzung des Präparates wich nicht auffallend von der ab, welche ich für Präparate des unveränderten Mucoïds gefunden habe.

Wird die Lösung des typischen Harnmucoïds mit Salzsäure bis 0·1 bis 0·15 Procent HCl versetzt und dann ein bis zwei Stunden in kochendem Wasser erhitzt, so wird es augenscheinlich zersetzt. Die Lösung wird mehr oder weniger braunviolett gefärbt. Sie reducirt dann die alkalische Kupferoxydlösung ziemlich rasch und reichlich.

Nach dem Erhitzen wird sie von Quecksilberjodid-Jodkalium, Esbach's Reagens, Metaphosphorsäure und Trichloressigsäure gefällt. Nach längerem Erhitzen werden sie von diesen Reagentien noch reichlicher gefällt. Ferrocyankalium und Sulfosalicylsäure können dann auch Fällung hervorrufen.

Die Probe mit Salpetersäure in der Kälte (nach Heller) gab keine Trübung. In der Berührungsfläche zwischen der Säure und der Flüssigkeit trat gelbe Färbung auf.

Eine mit Salzsäure (0·15 Procent) während einer Stunde erhitzte Lösung wurde neutralisirt und mit Weingeist gefällt; der Niederschlag wurde gewaschen und getrocknet. Der Aschengehalt desselben war 3 Procent.

Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (52·9 mg der

Substanz, als aschenfrei berechnet) gab 49·20 ccm Kohlensäure, 50·30 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 5·57 ccm Stickstoff ($N_2 = 5·27$ ccm; $NO/2 = 0·30$ ccm), was 13·24 Procent Stickstoff entspricht. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war $N : C = 1 : 3·80$.

Der Gehalt an Stickstoff und an Kohlenstoff fiel etwas höher aus als im unveränderten Mucoïd. Das ursprüngliche Harnmucoïd, das zum Versuche verwendet wurde, enthielt nämlich 49·50 Procent Kohlenstoff und 12·78 Procent Stickstoff. Das veränderte Mucoïd schien also an Proteïnstoffen reicher zu sein, als das unveränderte.

Die Analyse, ebenso wie die qualitativen Reactionen, sprechen also dafür, dass das Mucoïd durch Einwirkung der Säure in einen eiweissartigen Körper und ein anderes (stickstoffärmeres) Component gespalten wird. Die Spaltung war jedoch in diesem Falle noch nicht vollständig. Da Heller's Probe negativ ausfiel, scheint der eiweissartige Körper kein Albuminat, sondern eher ein Albumos oder ein Pepton zu sein.

Wahrscheinlich gehört der Schwefel dem eiweissartigen Componente an. Dieses wäre wohl dann seines hohen Schwefelgehaltes wegen zur Keratingruppe zu rechnen, und das Harnmucoïd wäre als ein „Keratomucoïd" zu bezeichnen.

Ueber die Natur des anderen Componentes habe ich bisher nur geringe Erfahrung sammeln können. In einem Versuche, wo ich das Harnmucoïd durch Stehenlassen mit Natronlauge (1 Procent) gespalten hatte, wurde es aus alkalischer Lösung als Kupferverbindung gefällt. Es war löslich im warmen Wasser, enthielt Stickstoff, gab aber keine Färbung beim Kochen mit Millon's Reagens. Nach dem Erwärmen mit Salzsäure reducirte es alkalische Kupferoxydlösung.

Aus diesen Untersuchungen über die Veränderungen des Mucoïds kann man schliessen, dass das Harnmucoïd ein einheitlicher Stoff ist, und dass es, wenn es sich negativ gegen die Fällungsreactionen des Eiweisses verhält, auch kein verunreinigendes Eiweiss enthält. Wird es nämlich durch Einwirkung von Salzsäure oder durch Andauern des Erhitzens mit Wasser gespalten, so treten die Fällungsreactionen des Eiweisses bald hervor.

Schwierig ist es zu entscheiden, wie man die beim Erwärmen der Wasserlösung zuerst auftretende Veränderung deuten darf, da nämlich nur das Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Salzsäure eine Fällung (diese aber reichlich) giebt, die übrigen eiweissfällenden Reagentien sich aber gänzlich negativ verhalten. Von sonstigen Veränderungen bemerkt man dann die Nichtfällbarkeit durch Essigsäure und eine niedrigere optische Activität.

Das Verhalten gegen Essigsäure und die Reichlichkeit der Fällung

für Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Salzsäure zeigen, dass es nicht eine geringe, fractionelle Spaltung unter Bildung von Eiweiss sein kann, sondern dass das Harnmucoïd durch und durch verändert ist. Die Natur dieser Veränderung kann in verschiedener Weise aufgefasst werden. Es kann vielleicht ein Auflösen von Micellen in kleineren Molekülgruppen[1] sein. Eine andere Erklärung kann man in einer Aufnahme von Wasser suchen, wie ich es schon oben hervorgehoben habe, dass die einzelnen Präparate des Harnmucoïds sich durch den Wassergehalt (Hydrat- oder Imbibitionswasser) unterscheiden können. Eine ähnliche Veränderung nehme ich an, da das im Harn ungelöste Mucoïd durch Ammoniak aufgelöst wird.

In ähnlicher Weise kann man ein Unlöslichwerden beim Eintrocknen der Lösung oder beim Aufbewahren der festen Substanzen durch eine Abgabe von Wasser oder ein Zusammenschliessen der Moleküle zu Micellen erklären.

Dies näher zu verfolgen, stösst auf grosse Schwierigkeiten, da man die Lösung bei niedriger Temperatur kaum einwandsfrei eintrocknen kann.

Ueber die Herkunft des Harnmucoïds und das Vorkommen von anderen Proteïnstoffen in der Nubecula.

Dass das Harnmucoïd kein durch Einwirkung des Chloroforms gebildetes Laborationsproduct ist, habe ich durch besondere Versuche festgestellt. Es fand sich nämlich in derselben Form vor, wenn der Harn durch Thymol conservirt wurde, oder wenn kein Conservirungsmittel zugesetzt wurde.

Dass es auch vorgebildet und in ungelöster Form dem Harn zugemischt wird, kann man als sicher annehmen. Es ist nämlich nicht denkbar, dass seine Componenten in gelöster Form abgesondert werden und erst nach dem Zusammentreffen im Harn sich vereinigen und ausfallen. Das Harnmucoïd lässt sich nämlich leicht durch etwas Ammoniak in Lösung bringen und wird dann nicht vom sauren Harn gefällt. Es ist dann nicht möglich, dass es erst im Harn gebildet und ausgefällt wird.

Im Gegentheil scheint das Harnmucoïd in der Art verändert zu werden, dass es sich im Harn löst. Es ist mir nämlich gelungen, dasselbe in gelöster Form wiederzufinden. Normaler, im gewöhnlichen Sinne eiweissfreier Harn wurde während eines Tages dialysirt, dann

[1] Vergl. Griessmayer, Ueber das Verhältniss von Eiweiss zum Pepton. *Jahrb. über d. Fortschr. d. Thierchemie.* Bd. XIV, S. 26.

mit Essigsäure (0·15 Procent) unter Schütteln mit Chloroform gefällt (siehe die folgende Abtheilung). Das Filtrat wurde beinahe neutralisirt und 500 ccm mit 3 Volumen Weingeist (95 Procent) gefällt. Es wurde eine gallertartige Fällung erhalten, die zum grössten Theil aus Phosphaten bestand. Sie wurde mit Wasser ausgezogen, das Filtrat mit Weingeist und ein wenig Kochsalz gefällt. Dieser Niederschlag wurde gewaschen und in Wasser gelöst.

Diese Lösung gab mit Millon's Reagens eine Fällung, die beim Kochen roth wurde. Durch Essigsäure wurde kein Niederschlag hervorgerufen. Durch Essigsäure und Ferrocyankalium, durch Esbach's Reagens, durch Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Essigsäure oder Salzsäure konnte gar kein Eiweiss nachgewiesen werden. Nach dem Erhitzen mit Salzsäure wurde die alkalische Kupferoxydlösung kräftig reducirt.

Es fand sich also im Harn aufgelöstes Mucoïd vor.

Ueber die Art der Absonderung des Mucoïds kann man sich ziemlich sicher aussprechen.

Da das Harnmucoïd in ungelöster Form im Harn vorkommt, so ist kaum annehmbar, dass es in den Nieren abgesondert wird. Man ist deshalb berechtigt anzunehmen, wie dies ja auch gewöhnlich geschieht, dass die Nubecula und damit das Harnmucoïd aus den Harnwegen stammt.

Es ist mir möglich, dies noch näher zu begrenzen, da ich nachweisen konnte, dass das Harnmucoïd sich schon in der Harnblase vorfindet; das Harnmucoïd kann also nicht oder nur zum Theil von der männlichen Harnröhre herstammen. Ich habe nämlich den Harn von Weibern, der durch Catheter entnommen war, untersucht. Trotzdem die Harnmenge in den beiden Versuchen eine ziemlich geringe war ($1^1/_2$ bis 2 Liter), konnte ich im Rückstand auf dem Filter das Harnmucoïd nachweisen. Es war fällbar durch Essigsäure. Es gab die Reaction von Millon. Gegen die alkalische Kupferoxydlösung verhielt es sich fast indifferent. Nach dem Kochen mit Salzsäure wirkte es dagegen stark reducirend. Es gab keine Eiweissfällung mit Essigsäure und Ferrocyankalium oder mit Salpetersäure in der Kälte (Probe nach Heller); auch das Reagens von Esbach und das Quecksilberjodid-Jodkalium nebst Salzsäure oder Essigsäure verhielten sich fast völlig negativ.

Es wird also die Nubecula und damit das Harnmucoïd schon beim Passiren der Harnleiter und der Blase dem Harne beigemischt. Der Ursprung des Harnmucoids ist also auf die Schleimhaut dieser Theile der Harnwege zurückzuführen. Es ist natürlicherweise nicht damit ausgeschlossen, dass ein Theil desselben von der Harnröhre kommen kann.

Das Harnmucoïd ist beinahe der einzige Proteïnstoff der Nubecula, welcher durch eine schwache Ammoniaklösung ausgelöst werden kann.

Ich habe das abfiltrirte Sediment aus 260 Liter Harn in Weingeist gesammelt und dann in oben beschriebener Weise bearbeitet.

I. Die bei schwach alkalischer Reaction erhaltene ammoniakalische Lösung wurde mit Essigsäure und Chloroform gefällt (das Filtrat =3). Die Fällung wurde aufgelöst und noch einmal mit Essigsäure gefällt (das Filtrat = 2).

1) Dieser Niederschlag betrug 4·3 g. Das Mucoïd scheint eine geringe Spur von Eiweiss enthalten zu haben. Es ist oben (Seite 349, Präparat V) geschildert worden.

2) Das bei der Reinigung desselben erhaltene Filtrat wurde durch Weingeist gefällt, in Wasser gelöst, dialysirt und wieder durch Weingeist nebst etwas Kochsalz gefällt. Der Niederschlag betrug nur 0·15 g. Auch dies war ein Mucoïd. Die Analyse zeigte kein Eiweiss an; im Gegentheil war es etwas ärmer an Stickstoff als das typische Harnmucoïd. Der Aschengehalt war 3·8 Procent. Die Analyse gab, bei Verwendung von 81·9 mg der Substanz, als aschenfrei berechnet, 73·92 ccm Kohlensäure, 48·70 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 7·98 ccm Stickstoff ($N_2 = 7·61$ ccm und $NO/2 = 0·37$ ccm), was 12·25 Procent Stickstoff entspricht Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war $N:C = 1:3·96$.

3) Das beim ersten Ausfällen des Mucoïds erhaltene Filtrat wurde bei neutraler Reaction eingeengt, durch Weingeist gefällt, in Wasser und ein wenig Natronlauge gelöst, dialysirt und mit Weingeist gefällt. Es wurde 0·85 g erhalten. Dieses Mucoïd ist schon oben (Seite 355, Präparat III) beschrieben worden.

II. Der Rückstand des Sedimentes wurde mit Ammoniak bei stark alkalischer Reaction 5 Stunden lang ausgezogen und dann Kohlensäure bis zu neutraler Reaction hineingeleitet. Das Filtrat wurde bei schwach saurer Reaction eingeengt, mit Weingeist gefällt, in Wasser gelöst, dialysirt und dann mit Weingeist gefällt. Es wurde nur 0·1 g erhalten.

III. Der Rückstand des Sedimentes wurde dann mit Natronlauge bei stark alkalischer Reaction 24 Stunden lang ausgezogen und filtrirt.

Der ungelöste Rest enthielt noch (neben Harnsäure) Proteïnstoffe und gab ziemlich starke Rothfärbung beim Kochen mit Millon's Reagens.

Das Filtrat wurde durch Einleiten von Kohlensäure neutral gemacht. Es wurde dann 3 Tage dialysirt (wie gewöhnlich unter Zusatz von Thymol). Die Lösung enthielt dann keine Harnsäure. Die Lösung

wurde durch Essigsäure gefällt; der Niederschlag wurde in Wasser mit etwas Natronlauge gelöst und dann wieder mit Essigsäure gefällt. Es wurde nur 0·1 g erhalten.

Grund ihres Gehaltes an Stickstoff und Kohlenstoff nahm diese Substanz eine Stellung zwischen dem Mucoïd und dem Eiweiss ein.

Der Aschengehalt war 0·5 Procent.

Die Analyse (65·7 mg aschenfreier Substanz) gab 61·93 ccm Kohlensäure gleich 50·85 Procent Kohlenstoff, und 7·10 ccm Stickstoff ($N_2 = 6·59$ ccm; $NO/2 = 0·51$ ccm), was 13·90 Procent Stickstoff entspricht. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff war N : C = 1 : 3·66.

Aus dieser Untersuchung geht also hervor, dass in der durch Weingeist conservirten Nubecula sich nur sehr geringe Mengen anderer, durch schwaches Ammoniak auslösbarer Proteïnstoffe als das Harnmucoïd vorfanden.

Proteïnstoffe, die durch schwaches Alkali nicht gelöst wurden, waren aber, wie es scheint, ziemlich reichlich zugegen. Die Natur derselben zu bestimmen, war nicht möglich.

Schlussfolgerungen.

Das Sediment des normalen Harns enthält ein besonderes Mucoïd, das wahrscheinlich von der Schleimhaut der Harnwege gebildet und in der Form einer Gallerte dem Harn zugemischt wird.

Dieses Harnmucoïd kann durch schwaches Ammoniak leicht in eine lösliche Form übergeführt werden. Uebrige im (durch Weingeist conservirten) Sedimente vorhandene Proteïnstoffe werden durch schwaches Ammoniak in nur geringer Menge gelöst.

Das Harnmucoïd kann je nach dem Wassergehalt und vielleicht auch je nach der Verkettung der Moleküle zu Micellen etwas verschiedene Zusammensetzung und Eigenschaften darbieten.

Das zunächst durch Auflösen mit einer geringen Menge Ammoniak erhaltene „typische" Harnmucoïd hat die mittlere Zusammensetzung C = 49·40 Procent; N = 12·74 Procent; S = 2·30 Procent. Das Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff ist N : C = 1 : 3·86.

Das typische Harnmucoïd kann durch Essigsäure (oder eine andere Säure) gefällt werden. Die Gegenwart von Salzen verhindert oder verzögert die Fällung. Schütteln mit Chloroform befördert die Fällung, bezw. ruft dieselbe hervor.

In einem Ueberschuss von Essigsäure (oder einer anderen Säure) ist der Niederschlag nicht besonders schwer löslich.

Das Harnmucoïd giebt die Farbenreactionen des Eiweisses. Gegen mehrere der Fällungsreactionen des Eiweisses verhält es sich negativ. Was die Einzelheiten betrifft, so wird auf die obige Darlegung (Seite 344) hingewiesen.

Die Lösung des Harnmucoïds ist linksdrehend ($\alpha_D = -62^0$ bis $-67{\cdot}1^0$).

Mit einer alkalischen Kupferoxydlösung wirkt es nur sehr schwach reducirend. Nach dem Kochen mit Salzsäure reducirt es dagegen stark, wenn auch nicht rasch.

Mit α-Naphtol und concentrirter Schwefelsäure giebt es keine deutliche Kohlenhydratreaction.

Das Harnmucoïd enthält kein Phosphor (Nucleïnsäure) oder gepaarte Schwefelsäure (Chondroïtinschwefelsäure).

In vielen Hinsichten stimmt das Harnmucoïd mit dem Ovomucoïd des Hühnereies überein. In einigen qualitativen Reactionen unterscheidet es sich jedoch von demselben.

II. Ueber das Vorkommen von Eiweiss und eiweissfällenden Substanzen im normalen Menschenharne.

Die folgenden Untersuchungen wurden in der Absicht ausgeführt, die Natur der Proteïnsubstanz aufzuklären, welche aus dem Harn (nach der Verdünnung mit Wasser, oder nach der Dialyse) nicht selten durch Essigsäure ausgefällt werden kann. Bei Beurtheilung des Eiweissgehaltes im Harn kann diese Substanz Schwierigkeiten herbeiführen. Substanzen dieser Art sind unter verschiedenen Namen beschrieben worden: „Aufgelöstes Mucin“ (Reissner[1] u. A.), „mucinähnliche Substanz“ (Hofmeister[2] u. A.) „Globulin“ (F. Müller[3]), als Synonym „mucinähnliche Substanz“ und „Nucleoalbumin“ (Huppert[4]), „Nucleoalbumin“ (Obermayer,[5] K. A. H. Mörner[6] u. A.).

Zuerst bearbeitete ich einen Harn, wo diese Substanz ziemlich reichlich vorkam. Es war dies der Harn eines Mädchens, das nach Scarlatina eine geringe Menge von Eiweiss im Harn ausschied, das beim

---

[1] Reissner, *Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol.* 1862. Bd. XXIV, S. 191.

[2] F. Hofmeister, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1880. Bd. IV, S. 261.

[3] F. Müller, *Jahresber. über d. Fortschr. d. Thierchemie.* Bd. XV, S. 236.

[4] H. Huppert, *Analyse des Harns* von Neubauer und Vogel. 9. Aufl. 1890. S. 277.

[5] Obermayer, *Centralbl. f. klin. Medicin.* 1892. Nr. 1.

[6] K. A. H. Mörner, *Hygiea.* 1892. Bd. LIV, I, S. 378.

Zubettliegen verschwand. Bald fand ich es aber zur Lösung der Frage nothwendig, normalen Harn mehr eingehend zu untersuchen. Ich fand, dass in diesem Substanzen vorkommen, die bei saurer Reaction (Essigsäure) Eiweiss (Serumalbumin und Serumglobulin) ausfällen können, und welche also einen sehr bedeutungsvollen Einfluss auf das Verhalten des Eiweisses gegen Lösungs- und Fällungsmittel ausüben können. Ich wurde ferner vor die Frage gestellt, ob Eiweiss ein normaler Bestandtheil des menschlichen Harnes sei. Durch den Gang der Untersuchung, welchen ich befolgt habe, und durch die erlangten Resultate ist es mir möglich geworden, sowohl diese letzte Frage als die Natur der durch Essigsäure fällbaren Proteïnsubstanz zu beleuchten.

Um den Aussprüchen, welche in diesen Fragen schon vorliegen, eine Auslegung geben zu können, bin ich genöthigt, meine eigenen Beobachtungen vorzulegen. Aus denselben geht nämlich hervor, dass diese Fragen so verwickelt sind, dass die von mir gefundenen Gesichtspunkte zu deren Beleuchtung sich als nothwendig erweisen. Ich werde daher erst später auf die Litteratur zurückkommen.

Wie oben gesagt, beabsichtigte ich, durch diese Arbeit die Verhältnisse des (in Bezug auf den Eiweissgehalt) normalen Harns zu beleuchten. Aus diesem Grunde habe ich hauptsächlich nur solchen Harn untersucht. Die Untersuchungen, welche ich mit dem oben genannten, nicht normalen Harne ausgeführt habe, erwiesen sich indessen zur Klärung einiger Fragen brauchbar. Ich habe deshalb auch diese für die Darstellung verwerthet.

Der Harn wurde durch Chloroform, bisweilen durch Campher oder Thymol conservirt. Wenn kein Conservirungsmittel zugesetzt wurde, werde ich dies besonders angeben.

Der Harn wurde stets sorgfältig filtrirt und war völlig klar.

Bei der unmittelbaren Prüfung des Harnes habe ich nur die Probe von Heller (mit Salpetersäure in der Kälte) benutzt. Uebrige Eiweissproben, welche zur unmittelbaren Prüfung des Harnes gebraucht wurden, habe ich nicht verwendet, weil ich nicht beabsichtigte, eine vergleichende Untersuchung über die verschiedenen Eiweissproben auszuführen. Ich konnte eine derartige Untersuchung um so eher unterlassen, als ich, was Empfindlichkeit und Beweiskraft anbelangt, durch nachstehende Untersuchung weiter gekommen bin, als man es durch diese Proben thut.

Die folgende Bearbeitung fusst gewissermassen auf der Angabe von P. Plósz,[1] welcher angiebt, dass man nach Ansäuerung des Harns

[1] P. Plósz, *Orvosi hetilap* 1890. Separatabzug. — Auch *Jahresber. über d. Fortschr. d. Thierchemie.* Bd. XX, S. 215.

(durch Essigsäure) durch Schütteln mit Aether, Chloroform oder Amylalkohol aus jedem Harn (von Männern) Eiweiss ausfällen könne.[1]

Bei meinen Versuchen habe ich fast ausschliesslich Chloroform verwendet. Die Einwirkung des Chloroforms scheint eine physikalische[2] zu sein, durch welche jedoch die Eigenschaften des Eiweisses deutlich verändert werden können (vielleicht durch Einwirkung der Essigsäure). Ich habe diese Erscheinung in einer Lösung von reinem Serumalbumin verfolgt. Um den Versuch der folgenden Untersuchung analog zu machen, habe ich einen Harn durch Zusatz von Essigsäure (bis 0·2 Procent) und Schütteln mit Chloroform gefällt; das Filtrat wurde mit Serumalbumin (ohne Schütteln mit Chloroform) gefällt. Das Filtrat, welches jetzt von eiweissfällenden Substanzen möglichst vollständig befreit worden war, wurde mit Chloroform geschüttelt; es entstand dann eine Fällung. Das Filtrat wurde noch einmal mit Chloroform geschüttelt; es entstand dann eine neue Fällung — und so weiter, bis das Eiweiss fast vollständig ausgefällt worden war. Die erste, beim Schütteln mit Chloroform entstandene Fällung des Serumalbumins, welche die reichlichste war, wurde mit etwas Ammoniak, bevor noch die Reaction neutral wurde, gelöst. Diese schwach saure Lösung wurde durch Essigsäure bis 0·05 Procent nicht gefällt; durch Essigsäure bis 0·1 Procent entstand eine Fällung; durch einen Ueberschuss der Essigsäure wurde der Niederschlag leicht gelöst. Durch Kochen wurde die schwach saure Lösung theilweise coagulirt. Nach Zusatz von ein wenig Essigsäure wurde die klare Lösung beim Kochen coagulirt.

---

[1] In *Lancet* 1892, I, S. 688 hat A. H. Smith „die Reaction des Harns mit Aether" besprochen, d. h. die Bildung eines gallertigen Zwischenlagers beim Schütteln des Harns mit Aether. Offenbar war ihm der Aufsatz von Plósz nicht bekannt. Aus seinen Angaben ist kaum etwas zu lernen, was uns hier interessirt.

[2] Neuerlich wurden aus dem Laboratorium von Gaule Untersuchungen von Ramsden mitgetheilt (*Correspondenz-Blatt f. Schweizer Aerzte.* 1894. Aug. Nr. 15; *Arch. f. Anat. u. Physiol.*, Physiol. Abth. 1894. S. 517), welche diese Anschauung stützen. Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass eine Lösung eines coagulablen Eiweisskörpers, wenn es der Salzgehalt und die Alkalescenz nicht verhindern, durch einfaches Schütteln zur Coagulation gebracht werden kann. Dies ist von der Einwirkung der Luft unabhängig, denn der Versuch gelingt ebenso gut im Vacuum. In dieser Weise konnte eine Lösung von krystallisirtem Eialbumin, von Serumalbumin und von Serumglobulin coagulirt werden. Bis 96 Procent des Eiweisses konnten in dieser Weise gefällt werden. Auch eine Lösung von Caseïn, also von einem nicht coagulablen Eiweisskörper, konnte durch dieses Verfahren gefällt werden. Diese Erscheinung ist vielleicht in demselben physikalischen Process begründet, als das Ausfällen des Eiweisses durch Ansäuern des Harns und Schütteln mit Aether, Chloroform oder Amylalkohol.

Durch Schütteln der essigsäurehaltigen Lösung mit Chloroform wurde also das Serumalbumin fast vollständig gefällt. Das ausgeschiedene Eiweiss hatte andere Eigenschaften als das Serumalbumin; es war jedoch nicht in coagulirtes Eiweiss übergeführt. Durch seine Eigenschaften nahm es eine Stellung zwischen einem Albumin und einem Albuminat ein. Die Natur der Veränderung habe ich nicht weiter untersucht; es ist jedoch kaum anzunehmen, dass die Zusammensetzung des Eiweisses verändert worden war.

Bei der folgenden Untersuchung habe ich gewöhnlich den Harn durch Dialyse 24 Stunden gegen Wasserleitungswasser vorbereitet.[1] Man kann allerdings auch, wie Plósz dies thut, das Eiweiss durch Zusatz von Essigsäure und Schütteln mit Chloroform ausfällen, wobei die Fällung dann bisweilen ebenso gross wird, als nach der Dialyse. In zwei vergleichenden Versuchen wurden aus 1 Liter Harn nach Plósz bezw. 35·3 mg und 23 mg (die Harnsäure entfernt) und nach der Dialyse bezw. 31·5 mg und 28·1 mg erhalten. Ich habe es jedoch vorgezogen, den Harn zu dialysiren. Man braucht dann nicht die Harnsäure besonders zu entfernen, welche sich beim Arbeiten nach Plósz der Eiweissfällung beimischt. Bei der Bearbeitung von grösseren Harnmengen ist es auch leichter, nach der Dialyse das Eiweiss auszufällen, weshalb das Resultat ganz verschieden ausfallen kann. Beim Arbeiten nach Plósz erhielt ich aus 50 Liter des normalen Harns nur 0·1 g gereinigte Substanz, während ich nach der Dialyse aus 50 Liter Harn derselben Personen die zehnfache Menge Substanz erhielt.

Entschieden vortheilhaft ist die Dialyse, wenn man durch Zusatz von Eiweiss die eiweissfällenden Substanzen des Harns abzuscheiden beabsichtigt.

Bei der Fällung des dialysirten Harns durch Essigsäure und Chloroform ist es wichtig, dass man mehrmals kräftig schüttelt; um dies thun zu können, darf man die Flasche nicht allzu voll haben. Zuerst bemerkt man keine Abscheidung. Erst allmählich entsteht eine Trübung, welche sich nach einigen Tagen als ein Niederschlag absetzen kann. Erst nach ein- oder zweimal 24 Stunden ist die Flüssigkeit zu filtriren. Wenn man die Filtration eher vornimmt, so kann ein Theil der auszufällenden Substanz ins Filtrat übergehen.

Die Methode bei der Bearbeitung des Harns war also kurz folgende:

[1] Es ist dabei völlig hinreichend, wenn die Hauptmasse des Kochsalzes entfernt wird. Mir scheint, als ob es nicht nur die Verminderung der Salze, sondern auch die Entfernung anderer Harnbestandtheile wäre, wodurch die Dialyse vortheilhaft wirkt.

Der filtrirte, völlig klare Harn wurde (zur Conservirung) mit Chloroform durchgeschüttelt, und ausserdem bisweilen mit einer Thymollösung versetzt. Der Harn wurde dann etwa 24 Stunden lang gegen fliessendes Wasserleitungswasser dialysirt;[1] der Gehalt des Harns an Chlor war dann nicht viel grösser als der des Wassers. Der klare Harn wurde darnach mit Essigsäure bis 0·1 bis 0·2 Procent versetzt und in einer Flasche mit überschüssigem Chloroform mehrmals kräftig geschüttelt. Nach einigen Tagen wurde der Niederschlag abfiltrirt und zur weiteren Bearbeitung aufbewahrt.

Das klare Filtrat wurde mit Blutserum (vom Pferde) etwa $1^1/_2$ ccm für je 1 Liter des Harns, oder mit der entsprechenden Menge einer Lösung von reinem Serumalbumin[2] versetzt. Ohne dass die Flüssigkeit geschüttelt noch mit mehr Chloroform versetzt wurde, setzte sich dann allmählich eine Fällung ab. Diese wurde gesammelt. (Das Filtrat enthielt den Ueberschuss an Eiweiss.)

Die erhaltenen Fällungen (die für Essigsäure nebst Chloroform und die durch das Eiweiss bewirkte Fällung) wurden je durch Lösen in Wasser mit ein wenig Ammoniak und Fällen durch Essigsäure (bis 0·1 bis 0·2 Procent), wenn nöthig unter Schütteln mit Chloroform, gereinigt. Der Niederschlag wurde dann in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst; diese Lösung wurde mit 2 bis 3 Volumen Weingeist versetzt und durch Essigsäure gefällt. Der Niederschlag wurde dann mit Weingeist und mit Aether gewaschen und dann getrocknet. Ein nicht unbeträchtlicher Theil der Farbe blieb nebst anderen Stoffen in dem Weingeist zurück. Der Niederschlag war jedoch stets mehr oder weniger braun gefärbt.

1. Ueber die eiweissfällenden Substanzen des normalen Menschenharns.

In der oben angegebenen Weise erhaltene Präparate aus normalem Harn, und besonders die durch Eiweiss hervorgerufenen Fällungen

---

[1] Nur selten wurde die Untersuchung durch Entwickelung von Bakterien vereitelt. Es war jedoch nöthig, dass das Pergamentpapier und der Rahmen, durch welchen es ausgespannt wurde, oft mit schwacher Sodalösung und mit Wasser gekocht wurde.

[2] Das Serumalbumin wurde nach J. E. Johansson (*Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. IX, S. 310) durch Aussalzen des Globulins durch Magnesiumsulfat und Fällen des Filtrates mit Essigsäure dargestellt. Das Salz wurde durch Dialyse entfernt und das Albumin durch Fällen mit Weingeist oder durch Eintrocknen in fester Form erhalten.

wurden zu den Untersuchungen über die eiweissfällenden Substanzen verwendet. (Die durch Essigsäure nebst Chloroform bewirkten Fällungen wurden auch zu den in der folgenden Abtheilung besprochenen Untersuchungen über das Eiweiss des normalen Harns benutzt.)

Auch die weingeist- und ätherhaltigen Filtrate wurden untersucht.

Zu Untersuchungen über die eiweissfällenden Substanzen habe ich auch den Niederschlag aus dem oben besprochenen, schwach eiweisshaltigen Harne verwendet, welcher nach der Dialyse durch Essigsäure gefällt wurde. (Schütteln mit Chloroform war dabei nicht nöthig.)

Da meines Wissens keine Angaben darüber vorliegen, dass normaler Harn Serumeiweiss bei saurer Reaction ausfällen kann, habe ich, um an Material aus dem Harn zu sparen, einige vorläufige Untersuchungen mit einigen eiweissfällenden Stoffen angestellt.

Eine solche Substanz ist Nucleïnsäure, welche nach Altmann[1] kräftig eiweissfällend wirkt. Nach Altmann wirkt auch ein Anhydrid der Glycerinphosphorsäure eiweissfällend. Auch an Metaphosphorsäure wäre zu denken. Seifen und Lecithin können nach Altmann gleichfalls aus saurer Lösung Eiweiss fällen. Die Taurocholsäure wirkt bekanntlich in saurer Lösung eiweissfällend. Auch Rhodan und thierisches Gummi können aus essigsäurehaltiger Lösung Eiweiss fällen.

An diese Substanzen glaubte ich zunächst denken zu müssen.

Durch die vorbereitende Untersuchung fand ich, dass einige dieser Substanzen ausgeschlossen werden können.

Beim Versuche mit Rhodan erwies sich, dass sowohl in einer Wasserlösung, als im dialysirten, mit Essigsäure und mit Eiweiss gefällten Harn eine Fällung erst bei Gegenwart von einer so grossen Menge Rhodan entstand, wie dieselbe nicht im Harne vorkommen kann.

Einige Angaben über die Gegenwart von Seifen im Harn habe ich nicht finden können. Da der Harn Kalk- und Magnesiasalze enthält, können ja auch nur Spuren von Seifen im Harne vorkommen. Die Eigenschaft der Seifen, das Eiweiss zu fällen, ist aber so wenig hervortretend, dass in Lösungen einer solchen Verdünnung, wie der hier in Frage stehenden, eine Fällung kaum vorkommen kann, wie ich in Versuchen mit gewöhnlicher Oelseife und verdünntem Blutserum, das mit Essigsäure bis 0·2 Procent versetzt war, gefunden habe.

Da ich indessen in einigen Versuchen fette Säuren in den aus dem Harn erhaltenen Fällungen nachweisen konnte, habe ich die Seifen erwähnt, obgleich sie keine oder eine nur ganz geringe Bedeutung für das Ausfällen des Eiweisses aus dem Harn haben. Vielleicht

[1] Altmann, *Archiv f. Anatomie u. Physiol.*, Physiol. Abth. 1889. S. 524.

werden sie durch das Chloroform dem Harn entzogen und in dieser Weise der Fällung beigemischt.

In dem bei der Bearbeitung des normalen Harns (siehe oben) erhaltenen weingeistigen Filtrat habe ich fette Säuren nachweisen können. Das neutralisirte Filtrat wurde eingeengt und mit starkem Weingeist ausgezogen. Die Lösung in einer geringen Menge Weingeist wurde mit Aether versetzt; das Filtrat von den ausgeschiedenen Salzen enthielt Seifen. Diese wurden durch die folgenden Eigenschaften gekennzeichnet: Die concentrirte Wasserlösung erstarrte in der Kälte zu einer Gallerte. Die verdünnte Wasserlösung schäumte stark; sie wurde durch Chlorcalcium gefällt; nachher schäumte sie nicht. Die Wasserlösung wurde durch Eintragen von reinem Kochsalz gefällt. Durch Salzsäure wurde die Wasserlösung gefällt. Der Niederschlag war in Aether oder Weingeist löslich. Beim Abdampfen der Lösung in Weingeist wurden in dem öligen Rückstand Gruppen von blättrigen Krystallen ausgeschieden. Durch Behandeln der Bleiverbindung mit Aether wurde die Oelsäure in gewöhnlicher Weise abgeschieden. Die dann erhaltenen Krystalle der festen Fettsäuren schmolzen bei 49° bis 51°. Bei der geringen Menge des Materials konnte die Untersuchung nicht weiter verfolgt werden. Ob die fetten Säuren stets vorkommen, und von wo sie sich herschreiben, habe ich nicht untersucht.[1] Wie gesagt, fand ich indessen einige Male fette Säuren in der durch Essigsäure und Chloroform bewirkten Fällung aus dem normalen Harne. Reichlicher wurden sie aus dem Harne eines Falles von Phosphorvergiftung erhalten.

Das zum Filtriren benutzte Papier habe ich auf die Gegenwart von fetten Säuren genau untersucht. Zwar fand sich daselbst ein wenig Harz; Krystalle von fetten Säuren konnte ich aber nicht daraus erhalten.

Die Taurocholsäure wirkt ohne Zweifel so stark eiweissfällend, dass sie auch in dem Harne, wenn sie da vorkommt, das Eiweiss fällen kann.

Durch mehrere Versuche, wobei Lösungen von Serumalbumin (in Wasser; in normalem Harn; in Harn, der nach der Dialyse mit Essigsäure nebst Chloroform und mit Eiweiss gefällt worden war) mit schleimfreier Hundegalle versetzt wurden, habe ich mich überzeugt, dass die Taurocholsäure[2] bei der Gegenwart von Essigsäure (0·2 Procent)

[1] Ich darf vielleicht erwähnen, dass ich bei der Untersuchung des Harns in einem Falle von Hämatoporphyrinurie eine reichliche Menge von fetten Säuren in der Fällung fand, welche durch Baryumacetat hervorgerufen wurde.

[2] Nach Maly und Emmich (*Jahresber. über d. Fortschr. d. Thierchemie.* Bd. XIII, S. 290) wirkt die Glycocholsäure nicht eiweissfällend.

auch sehr verdünnte Eiweisslösungen fällen kann. Die Gegenwart von Salzen wirkt hindernd ein. Durch die Dialyse und ebenso durch das Schütteln mit Chloroform wird die Entstehung des Niederschlages befördert. In dem Niederschlage war das Eiweiss durch das Reagens von Millon nachweisbar.

Wenn die Taurocholsäureverbindung des Eiweisses in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst wurde, und diese Lösung nach dem Zusatz von 2 bis 3 Volumen Weingeist durch Essigsäure bis 0·2 Procent gefällt wurde, so blieb die Gallensäure (wenigstens zum grossen Theil) im Weingeist gelöst. Das abgeschidene Eiweiss verhielt sich wie ein Gemenge von Albumin und Albuminat.

Es wird freilich von einigen Forschern, nämlich von Dragendorff und Vogel[1] angegeben, dass jeder Harn Gallensäuren enthalte. Von anderer Seite wird jedoch diese Angabe bestritten.

Ich habe mehrmals die Eiweissfällungen aus normalem Harne in der Weise auf Gallensäuren untersucht, dass das nach dem Fällen aus weingeistiger Lösung (siehe oben) erhaltene Filtrat neutralisirt und eingedampft wurde; der Rückstand ward mit starkem Weingeist ausgezogen, die Lösung verdampft, mit einer geringen Menge Weingeist gelöst und durch Aether gefällt. Der Niederschlag wurde geprüft.

Bisweilen habe ich bei Ausführung der Gallensäureprobe nach Pettenkofer einen schönen Ausschlag erhalten. Ich habe dies gesehen, auch nachdem die fetten Säuren durch Fällen mit einem Barytsalz entfernt worden waren. Bisweilen hatte der Aetherniederschlag auch einen deutlich bitteren Geschmack. Unter diesen Verhältnissen kann man die Gegenwart von Gallensäuren als bewiesen ansehen.

Dies war jedoch nicht die Regel. Am häufigsten war der Ausschlag der Reaction undeutlich oder gänzlich negativ. Dies ereignete sich auch bei der Bearbeitung von grossen Harnmengen (90 Liter).

Die Gegenwart von Taurocholsäure kann also nicht oder nur zu einem geringen Grade die eiweissfällende Eigenschaft des normalen Harns erklären.

Beim icterischen Harn dagegen kann die Gallensäure stark eiweissfällend wirken, wie schon Vitali[2] angegeben hat. Bei der Bearbeitung solchen Harns war es mir auch ein Leichtes nachzuweisen, dass die Gallensäure in dem Niederschlag vorkam, welcher durch Dialysiren und Fällen mit Essigsäure erhalten worden war.

Die Fällung, welche Obermayer[3] aus icterischem Harn erhielt,

[1] Vogel und Dragendorff, *Zeitschr. f. analyt. Chemie.* Bd. XI, S. 469.
[2] Vitali, *Jahresber. über d. Fortschr. d. Thierchemie.* Bd. XXII, S. 539.
[3] Obermayer, *Centralbl. f. klin. Medicin.* 1892. Nr. 1.

indem er den Harn mit Wasser verdünnte und durch Zusatz von Essigsäure fällte, bestand sicherlich nicht gänzlich aus Nucleoalbumin, wie er angiebt. Einen grossen Theil derselben dürfte die Gallensäureverbindung des Eiweisses ausgemacht haben.

Auch Lecithin wurde in der Weingeistlösung, aus welcher die Eiweissfällung abgeschieden wurde, gesucht. Die Lösung wurde bei neutraler Reaction vorsichtig eingedampft und der Rückstand mit Alkohol ausgezogen. Nach dem Abdampfen und Verbrennen mit Salpeter und Soda wurde einige Male auf Phosphorsäure geprüft. Nur einmal wurde ein deutlich positives Resultat erhalten; sonst konnte kein Phosphor nachgewiesen werden. Es ist also einleuchtend, dass das Lecithin als eiweissfällende Substanz im normalen Harne keine Bedeutung hat. Bekanntlich wird das Lecithin nicht unter die normalen Harnbestandtheile aufgenommen.

Unter anderen Stoffen wurden auch (S. 369) ein Anhydrid der Glycerinphosphorsäure und die Metaphosphorsäure genannt. Deren Vorkommen im menschlichen Organismus ist jedoch nicht erwiesen. Ein Versuch, dieselben im Harn nachzuweisen, erscheint auch ziemlich hoffnungslos. Aus der Discussion zwischen Kossel und Liebermann geht hervor, dass der directe Nachweis der Metaphosphorsäure in ihrer Eiweissverbindung sehr schwierig ist. Es ist jedoch sicher, dass diese Stoffe höchstens spurweise vorkommen können. Die Fällungen sind nämlich arm an Phosphor, und da Nucleïnsäure, wie ich aus guten Gründen annehme, sich dort vorfindet, können kaum andere phosphorhaltige Stoffe zugegen sein.

Nucleïnsäure.

Ehe ich auf die Untersuchungen über das Vorkommen von Nucleïnsäure im Harn eingehe, will ich die Eigenschaften der Nucleïnsäuren und das Verhältniss derselben zum Eiweiss in Erinnerung bringen.

Die Nucleïnsäure (oder eher die Gruppe der Nucleïnsäuren) wurde zuerst von R. Altmann[1] beschrieben. Die Säure wurde aus Hefe, Thymus, Eidotter und Lachssperma dargestellt. Die Säure ist reich an Phosphor (mehr als 9·5 Procent), sie enthält Stickstoff, aber keinen Schwefel. Sie wird durch Ammoniak und Alkalien leicht gelöst; durch die letzteren wird sie ziemlich leicht zersetzt. Aus ihrer Lösung in einem Alkali wird sie nicht durch Essigsäure gefällt; durch Salzsäure wird sie aber ausgeschieden, was durch Zusatz eines gleichen Volumens Weingeist befördert wird.

[1] Altmann, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1889. S. 524.

Nach den Angaben von Altmann hat sie ein grosses Vermögen, das Eiweiss und auch die Albumosen aus einer von Essigsäure sauren Lösung zu fällen. Diese Eiweissverbindung wird leicht durch Ammoniak oder ein Alkali in Lösung gebracht. Aus dieser Lösung wird die Verbindung durch Essigsäure oder durch Salzsäure wieder ausgefällt. Diese Eiweissverbindung ist gegen die Digestion mit Pepsinchlorwasserstoff resistent.

Eine solche Eiweissverbindung der Nucleïnsäure entspricht nach Altmann dem, was man früher Nucleïn genannt hat.

Aus dem Laboratorium von Kossel[1] sind seitdem mehrere Untersuchungen über die Nucleïnsäure hervorgegangen, durch welche die Nucleïnsäure von Altmann näher untersucht und die Kenntniss über dieselbe erweitert wurde. In der Nucleïnsäure (wie im typischen Nucleïn) finden sich organische Basen der Xantingruppe vor; so wurden Xantin, Hypoxantin, Guanin und Adenin wiedergefunden, jedoch in verschiedener Menge in Nucleïnsäure verschiedener Herstammung. Aus Kalbsthymus dargestellte Nucleïnsäure gab nur Adenin; sie wird daher Adenylsäure genannt.

Diese Base wird leicht aus der Säure abgetrennt. Als erstes Spaltungsproduct der Nucleïnsäure kann dann eine phosphorhaltige Säure entstehen, welche eiweissfällend wirkt, und vielleicht mit der Paranucleïnsäure identisch ist. Als weiteres Spaltungsproduct kann eine Säure entstehen, welche nicht eiweissfällend wirkt. Bei fortschreitender Zersetzung wird Phosphorsäure abgespalten; man erhält dabei aus der Adenylsäure zwei stickstoffreiche Basen, das „Thymin" und das „Cytosin", von welchen das letztere stark basische Eigenschaften besitzt. Weiter wurde Ameisensäure und, was besonderes Interesse darbietet, Lävulinsäure erhalten. Dadurch ist die Gegenwart einer Kohlenhydratgruppe in der Adenylsäure erwiesen. Es ist also erklärlich, dass man aus einem Nucleïn oder einer Nucleïnsäure durch Kochen mit einer Säure eine reducirende Substanz erhalten kann.

Für die folgende Auseinandersetzung ist es von Interesse, das Verhalten der Nucleïnsäure gegen das Eiweiss zu ermitteln. Ich habe dabei mit Nucleïnsäure aus der Hefe, nach Altmann dargestellt, gearbeitet.

Eine Lösung der Nucleïnsäure in etwas Ammoniak wurde mit Pferdeblutserum gemischt, so dass die Eiweissmenge etwa fünfmal die

[1] Abhandlungen, welche für die folgenden Untersuchungen von Interesse sind, finden sich in: *Arch. f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1891. S. 181. 1893. S. 157—164. 1894. S. 194, 536, 551; *Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch.* Bd. XXVI, S. 2753 und Bd. XXVII, S. 2215.

der Nucleïnsäure betrug. Die Lösung wurde mit Essigsäure gefällt. Der Niederschlag wurde mit Wasser gewaschen und mit etwas Ammoniak in Wasser gelöst.

Die verdünnte Lösung (etwa $^1/_4$ Procent Substanz) gab mit Essigsäure eine Fällung, welche bei einem Gehalt von 0·3 Procent Essigsäure sich zu lösen anfing; bei einem Gehalt von 0·4 Procent Essigsäure wurde der Niederschlag gelöst, wenn die Essigsäure auf einmal zugesetzt wurde.

Zusatz von mehr Blutserum wirkte nicht merklich auf die Löslichkeit in überschüssiger Essigsäure ein. Wenn dagegen mehr Nucleïnsäure zugesetzt wurde, war die Eiweissverbindung in Essigsäure bedeutend schwerer löslich, so dass sie nicht bei einem Gehalt von 5 Procent Essigsäure gelöst wurde. Sie war dann auch in Salzsäure schwer löslich und wurde bei einem Gehalt von 0·4 Procent Salzsäure noch nicht gelöst, während sie vorher in Salzsäure sehr leicht gelöst wurde.

Wie das Blutserum gab auch reines Ovalbumin eine Verbindung mit Nucleïnsäure, welche in Essigsäure und, bei angepasster Menge des Albumins, auch in Salzsäure (0·2 Procent) schwer löslich war.

Mit Albumosen wurde eine Fällung entschieden weniger leicht erhalten, und das Pepton (durch andauernde Trypsindigestion und möglichst vollständige Entfernung der Amidosäuren bereitet) wurde gar nicht gefällt.

Wenn die klare Lösung einer Nucleïnsäureverbindung des Eiweisses (Blutserum) in Salzsäure 0·2 Procent mit Pepsin (nach Sundberg[1] dargestellt) verdaut wurde, so entstand bald in der klaren Lösung eine Fällung, welche phosphorhaltig war. Die Controlprobe (ohne Pepsin) wurde nicht verändert. Die Erscheinung war also dieselbe, wie bei der Digestion von einem Nucleoalbumin oder einem Nucleoproteïd. Die Entstehung der Fällung kann man in folgender Weise erklären. Die Verbindung der Nucleïnsäure ist von Anfang an verhältnissmässig reich an Eiweiss und daher in der Salzsäure löslich. Durch die Verdauung wird ein Theil des Eiweisses in Albumos oder Pepton verwandelt, welche sich nicht oder weniger begierig mit der Nucleïnsäure verbinden. Die ganze Nucleïnsäuremenge verbindet sich mit dem noch nicht veränderten Eiweiss; es entsteht so eine nucleïnsäurereiche Verbindung, welche, wie oben gezeigt wurde, in der Salzsäure unlöslich ist.

Aus einem Harne, welcher dialysirt, mit Essigsäure (0·2 Procent)

[1] C. Sundberg, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. IX, S. 319.

nebst Chloroform, und nach dem Filtriren mit überschüssigem Serumalbumin gefällt worden war, wurde durch Zusatz von einer Nucleïnsäurelösung ein Niederschlag erhalten. (Das Filtrat war fast frei von Eiweiss und von Nucleïnsäure.) Der getrocknete Niederschlag enthielt 1·64 Procent Schwefel und 1·06 Procent Phosphor.

Die Eigenschaften, aus welchen man die Nucleïnsäure erkennen kann, sind folgende. Sie ist phosphorhaltig; sie enthält Xantinkörper. Mit Eiweiss giebt sie eine Verbindung, die in Essigsäure schwer löslich ist, und, wenn die relative Eiweissmenge gering ist, auch in Salzsäure schwer löslich ist. Eine Lösung der Eiweissverbindung in Salzsäure (0·2 Procent) giebt bei der Digestion mit Pepsin eine Fällung (ein Nucleïn). Die Eigenschaft, beim Kochen mit einer Mineralsäure eine reducirende Substanz abzuspalten, ist mehrdeutig und lässt sich übrigens nicht immer nachweisen.[1]

Zu den folgenden Untersuchungen wurde theils die Fällung verwerthet, welche aus normalem, im gewöhnlichen Sinne „eiweissfreiem" Harne durch Dialyse und Zusatz von Essigsäure nebst Chloroform erhalten wurde, theils auch die Fällung, welche durch Eiweiss im Filtrat bewirkt wurde. Bisweilen wurde der Harn sogleich mit Eiweiss versetzt, dialysirt und mit Essigsäure gefällt.

Ausser normalem Harn habe ich auch den oben erwähnten, schwach eiweisshaltigen Harn in dieser Hinsicht untersucht. Um die Ergebnisse zu bestätigen, werden auch einige Beobachtungen an Harnen von kranken Personen mitgetheilt.

Die Fällungen, welche aus den Harnproben von mehreren gesunden Männern durch reines Serumalbumin hervorgerufen worden waren, wurden auf Phosphor geprüft. Bisweilen habe ich bei der Bearbeitung von 1 Liter Urin kein Phosphor nachweisen können. Im Allgemeinen war jedoch Phosphor (nach dem Verbrennen mit Salpeter und Soda) als Molybdänfällung qualitativ nachweisbar. Bisweilen schien die Phosphormenge ziemlich bedeutend zu sein.

Versuche mit der durch Essigsäure nebst Chloroform nach der Dialyse erhaltenen Fällung gaben dasselbe Resultat.

In einigen Versuchen wurde die Phosphormenge bestimmt. Nach dem Verbrennen mit Salpeter und Soda und Abscheidung der Schwefelsäure wurde die Phosphorsäure als Eisenverbindung ausgeschieden und als Molybdänverbindung nach Eggertz oder als Magnesiumpyrophosphat gewogen.

---

[1] Vgl. Salkowski, *Archiv f. pathol. Anatomie u. Physiol.* Bd. CXXXI, S. 304—326.

In der durch Essigsäure nebst Chloroform aus dem dialysirten normalen Harne erhaltenen Fällung fand ich einmal 0·08 Procent P (0·43 g der Substanz; Aschengehalt = 1 Procent). Das Filtrat wurde mit Eiweiss gefällt. Diese Fällung (1·1 g der Substanz; Asche fand sich nur spurenweise vor) enthielt 0·04 Procent P.

Ein anderes Präparat der Essigsäurefällung aus normalem Harne enthielt 0·1 Procent P (0·426 g der Substanz; die Asche = 1 Procent).

Der Phosphorgehalt dieser Präparate war also ganz gering. Ich halte es jedoch nicht für unmöglich, dass derselbe auch bei der Bearbeitung von normalen Harnproben bisweilen höher ausfallen kann. Ich schliesse dies aus der verschiedenen Stärke der qualitativen Reactionen.

Die Nucleïnsäure aus diesen Fällungen rein darzustellen, so dass man den Phosphorgehalt der Nucleïnsäure wiederfinden kann, ist wohl kaum möglich. Ich habe jedoch einen Versuch in dieser Richtung ausgeführt. Die durch Blutserum bewirkte Fällung aus 140 Liter normalen Harns wurde mit Pepsinsalzsäure digerirt,[1] wobei eine Fällung entstand.[2] Die Fällung wurde mit Alkali gelöst und mit Kupferacetat unter Zusatz von Natronlauge und Weingeist gefällt. Der Niederschlag wurde mit etwas Salzsäure und Weingeist zersetzt. Das dabei Ungelöste wurde zur Entfernung des Eiweisses wiederholt nach dieser Methode bearbeitet. Der zuletzt erhaltene Rückstand wurde mit etwas Natronlauge gelöst, mit Salzsäure schwach angesäuert und mit Weingeist gefällt. Der Niederschlag wurde mit Wasser ausgezogen; das dabei Ungelöste wurde mit etwas Natronlauge gelöst, mit einigen Volumen Weingeist versetzt und mit Salzsäure bis 0·1 Procent gefällt. Diese Fällung, in welcher man die Nucleïnsäure zu suchen hatte, wurde gesammelt. Aus 85·3 mg derselben wurden 31·3 mg Molybdänfällung erhalten, was 0·6 Procent Phosphor entspricht. Grund der Darstellung und des Phosphorgehaltes ist es also wahrscheinlich, dass der Niederschlag zum Theil, aber nur zum geringeren Theil, aus Nucleïnsäure bestand.

Der durch Essigsäure (nach der Dialyse) bewirkte Niederschlag aus dem oben erwähnten schwach eiweisshaltigen Harne gab in einer Bestimmung (0·5362 g; Aschengehalt 1·2 Procent) 3·7 mg Magnesiumpyrophosphat, was einem Gehalt von 0·2 Procent Phosphor entspricht.

---

[1] Durch einen besonderen Versuch überzeugte ich mich, dass das angewandte Blutserum bei der Digestion mit dem Pepsin keine Fällung gab.

[2] Im Filtrate war Nucleïnsäure in der Fällung für Kupferacetat mit Natronlauge und Weingeist nicht deutlich nachweisbar.

Bei der Untersuchung des Harns von Kranken habe ich höhere Werthe für den Gehalt an Phosphor gefunden. In einem Falle von Nephritis fand ich in der Eiweissfällung (Asche derselben = 0·9 Procent) 0·2 Procent Phosphor; der bei der Digestion dieser Eiweissfällung mit Salzsäure entstandene Niederschlag enthielt 1 Procent Phosphor. In einigen anderen Fällen enthielt der Niederschlag, welcher bei der Verdauung entstand, 0·4 Procent, 0·6 Procent und 0·6 Procent Phosphor. Ich beabsichtige nicht, jetzt auf die Untersuchungen pathologischer Harne einzugehen; die angeführten Ziffern werden nur mitgetheilt, um die Ansicht, dass der gefundene Phosphorgehalt ein Zeichen der Gegenwart von Nucleïnsäure war, zu stützen.

Die Bildung einer Fällung bei der Digestion der Lösung in Salzsäure (0·2 Procent) mit Pepsin,[1] sowie der Phosphorgehalt dieses Niederschlages und der ursprünglichen Substanz sprechen also dafür, dass Nucleïnsäure in der Essigsäurefällung aus dem dialysirten Harn und in der Fällung, welche durch Eiweiss im Filtrate entstand, sich vorfand. Allein die Bildung einer Fällung bei der Digestion ist für die Gegenwart von Nucleïnsäure wenig beweisend. Eine solche Fällung habe ich nämlich auch bei der Verdauung der Eiweissverbindungen der Chondroïtinschwefelsäure, der Metaphosphorsäure und der Taurocholsäure gesehen.

Eine weitere Stütze für die Annahme, dass Nucleïnsäure in den genannten Fällungen aus dem Harne vorkommt oder vorkommen kann, finde ich in der Gegenwart von Nucleïnbasen, welche ich sowohl in der Fällung aus normalem Harn, wie in dem Niederschlage aus dem obenerwähnten schwach eiweisshaltigen Harn nachgewiesen habe.

Von dem normalen Harne wurden $8^1/_2$ Liter mit $1^1/_3$ g reinem Serumalbumin[2] aus Pferdeblutserum versetzt, dialysirt und dann mit Essigsäure (bis 0·2 Procent) gefällt. Der Niederschlag wurde mit Alkohol und Aether behandelt. Der Niederschlag (0·5 g) wurde dann mit Schwefelsäure (N/10) erhitzt, die Lösung neutralisirt und mit Bleiessig gefällt. Der Ueberschuss an Blei wurde durch Schwefelwasserstoff entfernt. Das eingedampfte Filtrat wurde mit ammoniakalischer Silbernitratlösung gefällt. Die Fällung wurde mittels der Centrifuge abgeschieden und gewaschen. Die Silberfällung wurde dann in zwei bis drei Tropfen kochender Salpetersäure (Eigengewicht = 1·1) gelöst.

---

[1] Es wurde besonders constatirt, dass das Pepsin bei der Digestion mit Salzsäure oder Salzsäure und Eiweiss (Serumalbumin, Ovalbumin, Blutserum) keine Fällung gab.

[2] Das Serumalbumin wurde nach J. E. Johansson dargestellt.

In der Kälte schied sich eine geringe Menge von Krystallen in der Form von Nadeln und Gruppen von Nadeln aus. Nach dem Umkrystallisiren wurden sie noch schöner erhalten.

In zwei Versuchen mit dem oben erwähnten schwach eiweisshaltigen Harn konnte ich in ähnlicher Weise[1] bei der Bearbeitung von je 3·6 und 1 Liter des Harns Krystalle der Silbernitratverbindungen der Nucleïnbasen darstellen. Die Menge der Krystalle war zwar gering, doch waren dieselben deutlich ausgebildet.

Durch diese Untersuchungen, wobei ich den Phosphorgehalt der Fällungen aus dem Harne, den Phosphorgehalt der bei der Pepsinverdauung entstandenen Fällung, und die Gegenwart von Nucleïnbasen in den Fällungen aus dem Harn nachgewiesen habe, scheint es mir erwiesen, dass Nucleïnsäure zugegen war. Nucleïnsäure fand sich sowohl in der durch Essigsäure und Chloroform aus dem dialysirten Harn bewirkten Fällung, als in dem Niederschlag, welchen Zusatz von Serumalbumin zum Filtrat hervorrief. Ein Theil der Nucleïnsäure kommt also in freier Form oder als Salz vor. Die Menge der Nucleïnsäure war stets gering, und nur ein geringer Theil des Niederschlages kann aus der Eiweissverbindung der Nucleïnsäure bestanden haben.

Ueber den Ursprung der Nucleïnsäure (ob von den Nieren oder von den Harnwegen) ist es durch diese Untersuchungen nicht möglich, einen Aufschluss zu erhalten.

Wie ersichtlich, können die bisher geschilderten Eiweissverbindungen nur den Mindertheil der Fällungen aus dem Harn ausmachen. Nach einigem Suchen fand ich in der Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure eine Substanz, welche normal die Hauptmasse dieser Fällungen ausmacht.

Chondroïtinschwefelsäure.

Diese Säure wurde zuerst von C. Th. Mörner[2] isolirt. Die qualitativen Eigenschaften und die Zusammensetzung wurden auch von ihm untersucht. Er zeigte, dass die Säure reich an Schwefel ist, und dass dieser in der Form gepaarter Schwefelsäure zugegen ist. Er wies nach, dass die Eigenschaften des Knorpelleimes und die Verschiedenheit desselben vom gewöhnlichen Leim, wie die Fällbarkeit durch

[1] Natürlich ohne Zusatz von Serumalbumin.

[2] C. Th. Mörner, *Dieses Archiv.* Bd. I, S. 210.

Säuren, das Entstehen einer reducirenden Substanz beim Kochen mit einer Mineralsäure, in der Gegenwart dieser Säure ihren Grund haben.

Seitdem wurde durch Schmiedeberg[1] unsere Kenntniss dieser Säure bedeutend erweitert. Er wies nach, dass die Säure zuerst in Schwefelsäure und Chondroïtin gespalten werden kann. Das Chondroïtin ist aus Acetylacetessigsäure und Chondrosin zusammengesetzt. Das Chondrosin ist ein Derivat der Kohlenhydrate, indem es aus Glukosamin und Glukuronsäure besteht.

Mörner bearbeitete den Trachealknorpel des Rindes; Schmiedeberg hat den Knorpel der Nasenscheidewand des Schweines verwendet. Auch in anderen Arten von Knorpeln hat man die Chondroïtinschwefelsäure wiedergefunden: so J. Lönnberg[2] im Knorpel von Raja batis und von Scymnus microcephalus. C. Th. Mörner[3] hat die Ausbreitung der Säure im Körper des Rindes untersucht. Die Säure wurde constant in allen Arten von Knorpeln wiedergefunden. Ausserdem wurde sie in der Wand der grossen Arterien gefunden. Dagegen konnte sie weder in der Synovia und dem Blute, noch in den untersuchten Organen (Knochensubstanz, Nervensystem, Sehne, drüsigen Organen, worunter Leber und Nieren) nachgewiesen werden. In pathologischen Knorpelbildungen wurde sie ebenso wie im normalen Knorpel wiedergefunden.

Durch die Untersuchungen von Oddi[4] ist die Gegenwart der Säure in der Amyloïdleber nachgewiesen.

C. Th. Mörner hebt die Eigenschaft der Säure, eine angesäuerte Leimlösung zu fällen, hervor. Er hat auch diese Eigenschaft zum Nachweis der Säure benutzt. Von Schmiedeberg wird auch angegeben, dass die Säure eine Lösung des Eieralbumins oder des Serumalbumins fällt.

Bei der Untersuchung der Fällungen aus dem Harn fand ich, dass beim Erhitzen mit Salzsäure Schwefelsäure abgespalten wurde. Bei der Untersuchung einiger Aetherschwefelsäuren der Phenole (gewöhnliches Phenol, Acetylpara-amidophenol) fand ich, dass sie gar nicht eiweissfällend wirkten.

Ich untersuchte dann die eiweissfällende Wirkung der Chondroïtinschwefelsäure. Dabei benutzte ich ein aus Trachealknorpel nach

---

[1] Schmiedeberg, *Archiv f. exper. Pathologie u. Pharmakologie.* 1890. Bd. XXVIII, S. 355.

[2] J. Lönnberg, *Upsala Läkareförens förhandl.* Bd. XXIV, S. 495; Bd. XXV, S. 249.

[3] C. Th. Mörner, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1895. Bd. XX, S. 357.

[4] Oddi, *Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmakol.* 1894. Bd. XXXIII, S. 376.

C. Th. Mörner dargestelltes Präparat. Die angewandte Lösung enthielt etwa 0·4 Procent Chondroïtinschwefelsäure und 0·2 Procent Essigsäure. Mit einer Lösung von Pepton (aus Fibrin durch andauernde Verdauung mit Trypsin bereitet und von den Amidosäuren möglichst gereinigt) gab die Chondroïtinschwefelsäure keine Fällung. Mit einer Lösung von Albumosen entstand eine milchige Trübung, die durch Kochsalz leicht gelöst wurde. Mit einer Lösung von reinem Ovalbumin (2·5 Procent mit 0·2 Procent Essigsäure) entstand sogleich eine Fällung, die beim Zusatz einer grösseren Menge der Albuminlösung reichlich und flockig abgeschieden wurde. Durch Zusatz von Kochsalz konnte die Fällung beinahe gelöst werden.

Bei der Gegenwart von Salzsäure (0·2 Procent) statt Essigsäure verhielt sich die Chondroïtinschwefelsäure in derselben Weise: Pepton gab keine Fällung. Albumosen gaben eine milchige Trübung, die durch Zusatz von Kochsalz verschwand. Von dem Ovalbumin war eine etwas grössere Menge nöthig, um eine flockige Fällung hervorzurufen. Auch der Zusatz eines verdünnten angesäuerten Blutserums brachte eine ähnliche Fällung hervor; die Gegenwart von Pepton verhinderte die Entstehung dieser Fällung nicht.

Wenn die Lösung der Chondroïtinschwefelsäure mit Salzsäure (0·2 Procent) zu der durch Pepsinverdauung von coagulirtem Ovalbumin erhaltenen Lösung gesetzt wurde, so entstand eine reichliche flockige Fällung, wenn die Verdauung eine kurze gewesen war. Diese Fällung war in Kochsalz nur wenig löslich. Nach einer länger dauernden Digestion war eine grössere Menge der Chondroïtinschwefelsäure nöthig, um eine flockige Fällung zu geben. Nach einer noch längeren Digestion gab die Säure nur eine Opalescenz, die beim Zusatz von Kochsalz leicht verschwand.

Ich habe auch die Verbindung der Chondroïtinschwefelsäure mit den Eiweissstoffen des Blutserums (vom Pferde) studirt. Eine Lösung der Chondroïtinschwefelsäure wurde mit so viel Pferdeblutserum versetzt, dass die Eiweissmenge etwa viermal soviel als die Säuremenge betrug. Die Lösung wurde mit Wasser verdünnt und mit Essigsäure bis 0·2 Procent versetzt. Es entstand nun eine milchige Trübung. Beim Zusatz von mehr Blutserum, so dass die Eiweissmenge etwa zehnmal so gross als die der Chondroïtinschwefelsäure war, entstand eine reichliche flockige Fällung. (Das Filtrat enthielt nur Spuren von Eiweiss.) Der Niederschlag wurde gewaschen und in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst. Diese Lösung enthielt 2·33 Procent organischer Substanz; die Menge der Asche betrug 0·3 Procent der organischen Substanz.

Mit dieser Lösung wurden vor und nach Verdünnung mit Wasser Untersuchungen über die Fällbarkeit durch Essigsäure und Salzsäure, und über die Löslichkeit in einem Ueberschusse dieser Säuren ausgeführt.

Sowohl die ursprüngliche, wie die verdünnten Lösungen wurden durch Essigsäure leicht gefällt. Die Löslichkeit des Niederschlages in einem Ueberschusse der Säuren war von der Verdünnung abhängig. Der aus der ursprünglichen Lösung erhaltene Niederschlag war in Salzsäure von 1 Procent oder Essigsäure von 12 Procent noch nicht löslich, auch dann nicht, wenn die ganze Säuremenge auf einmal zugesetzt wurde. Dagegen war der Niederschlag in Salzsäure von 0·2 Procent und in Essigsäure von 1 Procent löslich, wenn die Lösung auf 10 Volumen (0·23 Procent) verdünnt war.

In der auf 0·09 Procent verdünnten Lösung wurde die Fällung durch Essigsäure (0·2 Procent) durch einen Zusatz von Kochsalz bis 0·1 bis 0·75 Procent nicht verhindert, eher befördert. Eine grössere Menge von Kochsalz (1 bis 8 Procent NaCl) wirkte dagegen hindernd ein.

Natriumphosphat, etwa ein Drittel der im Harne vorkommenden Menge entsprechend, war ohne Einwirkung auf die Fällbarkeit.

Zusatz von einer grösseren Menge des Blutserums, so dass die Eiweissmenge das Doppelte oder Vierfache betrug, verminderte die Fällbarkeit nicht. Die Fällung war dann in überschüssiger Essigsäure oder Salzsäure ein wenig, aber nicht viel mehr löslich. (Bei der Berechnung wird dann von der Menge der Chondroïtinschwefelsäure ausgegangen.)

Wurde dagegen eine grössere Menge Chondroïtinschwefelsäure zugesetzt, so dass die Menge derselben verdoppelt wurde, so hatte dies einen sehr deutlichen Einfluss. So wurde in der auf 0·25 Procent Substanz verdünnten Lösung die Fällung durch Salzsäure noch nicht von 1 Procent HCl gelöst. Durch Essigsäure von 0·2 bis 5 Procent wurde die Lösung nicht gefällt. Bei Zusatz von Kochsalz (0·2 bis 1 Procent) entstand dann Fällung, am leichtesten in der am stärksten sauren Lösung.

Ein Theil der ursprünglichen Lösung wurde bis zu einem Gehalt von etwa 0·5 Procent Substanz verdünnt, mit Salzsäure bis 0·2 Procent HCl versetzt und mit Pepsin (nach Sundberg) verdaut. Es entstand dabei bald eine flockige Fällung (die Controlprobe ohne Pepsin blieb unverändert). Das Gleiche war der Fall, wenn die vierfache Menge Eiweiss zugesetzt wurde. Die Entstehung der Fällung ist hier, wie bei der Nucleïnsäure, in der Weise zu erklären, dass die Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure in einem Ueberschuss von Salzsäure schwer löslich ist, wenn sie relativ reich an Chondroïtin-

schwefelsäure ist. Je mehr also das Eiweiss durch die Digestion in eine Form übergeführt wird, die nicht durch Chondroïtinschwefelsäure gefällt wird (Pepton und zum Theil auch Albumosen), desto reicher an Chondroïtinschwefelsäure wird die rückständige Eiweissverbindung, bis sie in der Salzsäure unlöslich wird und daher ausfällt.

Der bei der Digestion gebildete Niederschlag wurde auf Chondroïtinschwefelsäure untersucht. Der Niederschlag wurde gewaschen mit Wasser und etwas Ammoniak bei neutraler Reaction gelöst. Die Lösung wurde mit Chlorbaryumlösung versetzt; es entstand dabei keine Fällung (durch Zusatz von einigen Tropfen einer Gypslösung fand ich, dass die Ausfällung des Baryumsulfats nicht verhindert wurde). Die Lösung wurde dann mit reiner Salzsäure bis 5 Procent HCl versetzt und auf dem Wasserbade $2^1/_2$ Stunden erwärmt. Ein Theil der Lösung wurde neutralisirt und mit alkalischer Kupferoxydlösung geprüft, wobei eine schöne Reduction erhalten wurde.

Der übrige Theil der Lösung wurde mit Ammoniak bis zur alkalischen Reaction versetzt (um die ausgefällte organische Substanz zu lösen), das dabei Ungelöste gewaschen, das Filtrum verbrannt und die Asche mit reinem Soda und Salpeter geschmolzen. Die Schmelze wurde mit Wasser gelöst, die Lösung filtrirt, angesäuert und auf Schwefelsäure geprüft, wobei eine reichliche Fällung erhalten wurde.[1]

Die oben geschilderte, eiweissreiche Verbindung der Chondroïtinschwefelsäure mit Wasser und etwas Ammoniak gelöst, mit Essigsäure bis zu schwacher Opalescenz und schwach saurer Reaction versetzt, gab beim Kochen keine Fällung, sondern nur eine stärkere Opalescenz.

---

[1] Wenn sich kein Baryumsalz in der Lösung findet, kann man natürlich die Probe noch einfacher ausführen, indem man die erhitzte Lösung filtrirt, wenn nöthig theilweise neutralisirt und auf Schwefelsäure prüft. Bei der Gegenwart von Baryumsalz wird dagegen das Baryumsulfat mit organischen Stoffen, welche sich bei der Erhitzung ausscheiden, untermischt. Um einen wegen etwaigen Schwefelgehaltes desselben möglichen Fehler zu vermeiden, habe ich diese Stoffe so viel als möglich durch Ammoniak gelöst, ehe ich die Verbrennung vornahm.

Dass der Schwefelgehalt der Eiweissstoffe keinen Trugschluss veranlasst hat, habe ich durch mehrere Versuche mit Blutserum und Fibrin, wobei der Ausschlag negativ war, bestätigt gefunden.

Wenn bei einer derartigen Untersuchung präformirte Schwefelsäure zugegen ist, kann es schwierig sein, dieselbe vollständig zu entfernen, weil das Baryumsulfat sich dabei schlecht absetzt. In diesem Falle kann ein wenig von der präformirten Schwefelsäure in die letzte Fällung übergehen und die Untersuchung vereiteln, wenn es sich um den Nachweis von Spuren gepaarter Schwefelsäure handelt.

Nach dem Zusatz eines gleichen Volumens gesättigter Kochsalzlösung konnte beim Kochen eine Fällung erhalten werden.

Bei einem doppelt so grossen Gehalte der Verbindung an Chondroïtinschwefelsäure wurde dasselbe Resultat erhalten.

Eine schwach alkalische Lösung der relativ eiweissreichen Verbindung wurde nicht durch Eintragen von Kochsalz und nur unvollständig von Magnesiumsulfat gefällt. Fast vollständig wurde sie von 2 Volumen neutraler gesättigter Ammoniumsulfatlösung gefällt.

Die relative eiweissarme Verbindung wurde dagegen leichter durch Salze gefällt. Die Lösung derselben wurde theilweise durch Kochsalz in Substanz, fast vollständig durch Magnesiumsulfat und durch 2 Volumen einer gesättigten neutralen Ammoniumsulfatlösung gefällt.

Die verdünnte Lösung sowohl der eiweissarmen als der eiweissreichen Verbindung gab mit Salpetersäure in der Kälte (Probe nach Heller) einen scharfen Eiweissring und einige Millimeter höher oben einen anderen Ring.

Durch mehrere Volumen Eisessig wurde die concentrirte Lösung opalescent. Eine verdünnte Lösung wurde gar nicht verändert.

Eine verdünnte Lösung der relativ eiweissreichen Verbindung wurde mit Salzsäure in geringem Ueberschuss versetzt. Diese Lösung wurde durch Ferrocyankalium, Pikrinsäure nebst Citronensäure (Reagens von Esbach), Quecksilberjodid-Jodkalium, Sulfosalicylsäure, Metaphosphorsäure flockig gefällt. Mit Trichloressigsäure wurde eine starke Trübung erhalten. Sublimat gab keine Fällung; beim nachherigen Zusatz von Kochsalz entstand eine schwache Trübung.

Die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium und durch Quecksilberjodid-Jodkalium gefällt.

Die relativ eiweissarme Verbindung verhielt sich in derselben Weise.

Um zu prüfen, ob die Eiweissverbindung im Harne aufgelöst vorkommen kann, wurde eine Lösung der relativ eiweissreichen Verbindung zu einem normalen, stark sauren Harne (Eigengewicht = 1·023) bis zu einem Gehalt von 0·1 Procent gesetzt. Dabei entstand keine Trübung. Der Harn, welcher vorher keine Trübung bei Heller's Eiweissprobe gab, verhielt sich jetzt positiv gegen dieselbe; es entstand ein scharfer Eiweissring dicht oberhalb der Salpetersäure; einige Millimeter höher oben erschien ein anderer breiterer Ring. Nach dem Verdünnen der Flüssigkeit mit etwa 3 Volumen Wasser wurde bei der Heller'schen Probe eine diffuse Trübung erhalten, die sich von der Salpetersäure einige Millimeter aufwärts in den Harn erstreckte. (Eine ähnliche Erscheinung kann man oft bei der Untersuchung des Harns

oder der Lösung des aus normalem Harn erhaltenen Essigsäureniederschlages beobachten.)

Bei Zusatz einer geringen Menge von Essigsäure zum Harne entstand keine Trübung. Durch eine grössere Menge Essigsäure entstand eine schwache Trübung. Wenn der Harn verdünnt und dann mit Essigsäure versetzt wurde, entstand nur eine schwache Trübung.

Nachdem der Harn 24 Stunden lang dialysirt worden war, gab Essigsäure (bis 0·2 Procent) binnen Kurzem eine reichliche Fällung. (Das Filtrat wurde nicht durch Kochsalz gefällt; mit Serumalbumin gab es eine Trübung und dann eine flockige Fällung.)

Wenn derselbe Harn mit einer Eiweissverbindung, die doppelt so reich an Chondroïtinschwefelsäure war, versetzt wurde, waren die Erscheinungen fast ganz dieselben; nur die Fällung für Serumalbumin war etwas reichlicher.

Die Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure kann also im Harne aufgelöst vorkommen. Die Eigenschaften derselben entsprechen auch denen der Niederschläge aus dem Harne. Da die Einwirkung der Salze auf die Fällbarkeit und Löslichkeit durch verschiedene Umstände (wie die Verdünnung, den relativen Gehalt der Verbindung an Eiweiss u. a.), über welche man nicht immer Herr werden kann, beeinflusst wird, so habe ich die Niederschläge aus dem Harne in dieser Hinsicht nur wenig untersucht.

In einer Versuchsreihe wurde die Fällung durch Essigsäure und Chloroform aus dialysirtem normalen Harn in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst; der Gehalt an Substanz betrug 0·25 Procent. Diese Lösung wurde mit verschiedenen Mengen von Kochsalz und mit Essigsäure bis 0·2 Procent versetzt. Bei einem Gehalt von 0·1 bis 0·4 Procent Kochsalz wurde die Abscheidung der Fällung erleichtert; 0·5 Procent Kochsalz waren ohne Einwirkung; bei 0·8 Procent Kochsalz wurde die Entstehung der Fällung verhindert, und es entstand nur eine Opalescenz; bei einem Gehalt von 4 Procent Kochsalz entstand sogar keine Opalescenz. Bei der Gegenwart einer reichlichen Salzmenge konnte jedoch eine Fällung durch mehr Essigsäure bewirkt werden.

Durch Eintragen von Magnesiumsulfat und durch 2 Volumen gesättigte neutrale Ammoniumsulfatlösung wurde die schwach alkalische Lösung (0·25 Procent Substanz) vollständig gefällt; durch Kochsalz in Substanz wurde sie dagegen nicht gefällt. Diese Eigenschaften stehen also, insoweit sie ermittelt wurden, mit dem Verhalten einer Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure im Einklang.

Auch im Uebrigen kann man bei den Eiweissfällungen aus dem Harn die Eigenschaften der Chondroïtinschwefelsäureverbindung wiederfinden.

Wie oben gesagt, wurde beim Erhitzen der Fällungen aus dem Harn mit Salzsäure Schwefelsäure abgespalten. Dies war der Fall in allen Versuchen, welche in dieser Hinsicht ausgeführt wurden, und es gilt sowohl für die durch Essigsäure (0·2 Procent) nebst Chloroform im dialysirten Harne bewirkte Fällung, als auch für die Fällung, welche im Filtrate bei Zusatz von Blutserum oder Serumalbumin entsteht.

Bei mehreren Versuchen mit dem Harne von zwei Männern war das Resultat stets dasselbe; ebenso bei der Untersuchung je einer normalen Harnprobe (1 Liter) von 8 Männern. Auch in der Fällung durch Blutserum aus dem Harn von Weibern, der durch Catheter entleert worden war, konnte gepaarte Schwefelsäure nachgewiesen werden.

Auch die Fällung durch Essigsäure aus dem oben erwähnten schwach eiweisshaltigen Harn verhielt sich ebenso.

Bei diesen Untersuchungen konnte ich auch stets die Bildung einer Substanz nachweisen, welche alkalische Kupferoxydlösung reducirte.

Bei der Pepsindigestion der Lösungen in Salzsäure von den Fällungen aus dem Harne entstand ein Niederschlag. Auch diesen habe ich einigemale und zwar mit positivem Ergebniss auf gepaarte Schwefelsäure geprüft.

Gegen die oben angeführten eiweissfällenden Reagentien (die Probe nach Heller, Ferrocyankalium, das Reagens von Esbach, Quecksilberjodid-Jodkalium, Sulfosalicylsäure, Metaphosphorsäure) verhielt sich die durch Essigsäure bewirkte Fällung aus dialysirtem Harn ebenso wie die Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure.

Um die Gegenwart der Chondroïtinschwefelsäure noch sicherer zu begründen, habe ich es versucht, die Säure möglichst rein darzustellen. Zu diesem Zwecke habe ich hauptsächlich den von Schmiedeberg angegebenen Weg befolgt.

In den mit einer künstlichen Verbindung des Eiweisses mit der Chondroïtinschwefelsäure ausgeführten Versuchen erwies es sich als vortheilhaft, die Verbindung mit Pepsin[1] zu verdauen, wie es Schmiedeberg bei der Bearbeitung des Knorpels gethan hat. Man kann dadurch einen grossen Theil des Eiweisses entfernen, während ein ge-

[1] Es wurde gefunden, dass das angewandte Pepsin bei der Digestion mit Salzsäure oder Salzsäure nebst Serumalbumin oder Ovalbumin keine Fällung gab.

ringerer Theil des Eiweisses nebst der Chondroïtinschwefelsäure und der Nucleïnsäure als Fällung abgeschieden wird.

Diese Fällung wurde in überschüssiger Natronlauge gelöst und mit einer reichlichen Menge Kupferacetat versetzt. Die stark alkalische Lösung war durch Kupferverbindung des Eiweisses violett gefärbt; die Fällung enthielt Chondroïtinschwefelsäure nebst Nucleïnsäure und etwas Eiweiss. Um die Flüssigkeit leichter filtrirbar zu machen, habe ich etwa das gleiche Volumen Weingeist (88 Procent) zugesetzt. (Durch eine allzu grosse Menge Weingeist kann das Eiweiss ausgefällt werden.)

Die ausgefällte Kupferverbindung wurde mit verdünntem Weingeist gewaschen. Die Fällung wurde dann mit einer möglichst geringen Menge Salzsäure zersetzt und starker Weingeist in reichlicher Menge zugemischt.[1] Der entstandene Niederschlag wurde mit Weingeist ausgewaschen. Ein Theil der Chondroïtinschwefelsäure kann sich dabei im Filtrat vorfinden. Das Filtrat wurde daher mit etwas Natronlauge versetzt, bis eine geringe Fällung von basischem Kupferchlorid entstand; diese wurde in derselben Weise mit Salzsäure und Weingeist zersetzt und der Rückstand mit dem vorher erhaltenen vereinigt.

Um das Eiweiss möglichst vollständig zu entfernen, wurde die Fällung mit Kupferacetat aus der alkalischen Lösung u. s. w. wiederholt, bis in dieser Weise kein Eiweiss mehr entfernt werden konnte.

Der zuletzt erhaltene, mit Weingeist gewaschene Rückstand wurde zwischen Filtrirpapier gepresst und mit Wasser ausgezogen. (Ein dabei ungelöster Rest enthielt Eiweiss, Chondroïtinschwefelsäure und Nucleïnsäure.) Durch sorgfältiges Filtriren wurde ein klares Filtrat erhalten, das durch Weingeist und einen Tropfen Kochsalzlösung gefällt wurde. Die gallertige Fällung wurde in Wasser gelöst und noch einmal mit Weingeist (und Kochsalz) gefällt.

Die beschriebene Methode ist nicht leicht zu handhaben. Das Resultat ist im hohen Grade von der Ausführung derselben (wie dem Abmessen der Reagentien) abhängig. Es ist mir auch nicht in allen Versuchen gelungen, so weit zu kommen, als ich wünschte; in einigen Versuchen dagegen war der Erfolg gut, ja ich darf sagen, besser als ich hoffen konnte.

Die Bestimmungen des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden nach Frankland-Klingemann in der von mir oben angegebenen Weise ausgeführt. Da in diesen Versuchen oft eine nur ganz geringe Substanzmenge erhalten werden konnte, so war diese Analysenmethode

[1] Versuche, die Salzsäure und das Kupfer durch Dialyse zu entfernen, erwiesen sich nicht vortheilhaft.

sehr werthvoll. Der Schwefel wurde gewöhnlich nach Liebig bestimmt. Die gepaarte Schwefelsäure wurde bei der Abwesenheit der Sulfate durch Kochen mit reiner Schwefelsäure abgespalten und im Filtrat durch Chlorbaryum gefällt, nachdem die Salzsäure zum Theil durch Ammoniak gesättigt worden war.

I. In einem qualitativen Versuche mit dem vorher erwähnten, schwach eiweisshaltigen Harne wurden 13 Liter dialysirt und mit Essigsäure (bis 0·2 Procent) gefällt. Der mit Alkohol und Aether gewaschene und dann getrocknete Niederschlag wog 1 g. Nach dem oben angegebenen Verfahren (in diesem Versuche mit einigen Abänderungen) wurde eine in Wasser leicht lösliche, in Weingeist unlösliche Substanz erhalten. Sie gab nicht die Biuretreaction. Ein wenig präformirte Schwefelsäure war zugegen, welche entfernt wurde. Beim halbstündigen Erhitzen mit Salzsäure (5 Procent) wurde eine ziemlich reichliche Menge Schwefelsäure abgespalten. Nach dem Erhitzen reducirte die Lösung eine alkalische Kupferoxydlösung zwar etwas träge, aber doch reichlich. Nach dem Erhitzen war die Lösung rechtsdrehend.

Diese Eigenschaften stimmen mit denen der Chondroïtinschwefelsäure.

II. In einem Versuche mit normalem Harn wurden 90 Liter des dialysirten Harns mit Essigsäure und Chloroform gefällt; das Filtrat wurde mit Blutserum gefällt. Diese Fällung wurde mit der aus 50 Liter nicht dialysirten Harns durch Essigsäure unter Schütteln mit Chloroform erhaltenen Fällung vereinigt, dann mit Pepsin und Salzsäure verdaut und, wie oben beschrieben, behandelt. Hierbei wurde auch das Filtrat von der bei der Digestion entstandenen Fällung untersucht.

Das Filtrat von der bei der Verdauung erhaltenen Fällung wurde in ähnlicher Weise bearbeitet (Fällen mit Kupferacetat u. s. w.). Es wurde erhalten eine geringe Menge (0·2 g) von einer braunen Substanz, welche in Wasser löslich war. Die Lösung gab mit Millon's Reagens eine Fällung, welche beim Kochen roth wurde. Eiweisskörper (wahrscheinlich Albumosen) waren also zugegen. Beim Erhitzen mit Salzsäure wurde Schwefelsäure abgespalten, und zugleich entstand eine reducirende Substanz. Die durch Essigsäure angesäuerte Lösung fällte eine angesäuerte Leimlösung. Durch mehrere Volumen Eisessig wurde die Wasserlösung getrübt und setzte dann eine Fällung ab.

Diese Reactionen zeigen die Gegenwart von Chondroïtinschwefelsäure an. Diese kann jedoch nicht die Hauptmasse der Fällung ausgemacht haben. Die Analyse gab nämlich folgendes Ergebniss. Die Asche (hauptsächlich Kupferoxyd) betrug 8 Procent. Bei der Schwefelbestimmung gaben 78·3 mg der Substanz (als aschenfrei berechnet)

11·5 mg Baryumsulfat, woraus sich 1·9 Procent Schwefel berechnet. Die Bestimmung des Phosphors im Filtrat von dem Baryumsulfat gab 14·2 mg Molybdenfällung oder 0·3 Procent Phosphor. Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes (in 56·2 mg der als aschenfrei berechneten Substanz) gab 46 Procent C und 7·3 Procent N.

Bei diesem Schwefelgehalt kann die Chondroïtinschwefelsäure höchstens $^1/_3$ ausgemacht haben. Daneben fanden sich Eiweiss und wahrscheinlich etwas Nucleïnsäure vor. Ausserdem muss die Substanz einen anderen Stoff, der arm an Kohlenstoff und Stickstoff war, enthalten haben. Dieser Stoff kann Chondroïtin oder eine Gummiart gewesen sein. Wahrscheinlich war es eine Gummiart, die von dem Pepsin herstammte, da ich bei Untersuchung des Pepsins (etwa $^1/_3$ von der zum Versuche verwendeten Menge) nach derselben Methode ein wenig Gummi darstellen konnte.

Ausser den Reactionen der Chondroïtinschwefelsäure hat dieser Versuch ein anderes Ergebniss geliefert, weshalb ich die Ziffern mittheile. Da nämlich die geringe Menge Gummi, welche wahrscheinlich zugegen war, aus einem Gummigehalt des Pepsins sich erklärt, so war die Eiweissfällung selbst wahrscheinlich frei von einer derartigen Substanz.

Die bei der Digestion entstandene Fällung wurde in oben beschriebener Weise bearbeitet.[1] Ich erhielt 0·15 g Substanz. Sie war frei von Chlor und präformirter Schwefelsäure.

Die Bestimmung der Asche in 42 mg gab 4·9 mg Na_2SO_4 und 1·5 mg CuO, woraus sich 3 Procent Cu und 4 Procent Na berechnen.

Eine verdünnte, mit Essigsäure versetzte Wasserlösung wurde beim Zusatz von einer ebenfalls angesäuerten Leimlösung gefällt.

Eine ziemlich verdünnte Wasserlösung gab beim Zusatz von mehreren Volumen Eisessig einen flockigen, gallertigen Niederschlag.

Beim Erwärmen der Lösung nach Zusatz von Salzsäure und Chlorbaryum entstand durch Abspaltung von Schwefelsäure eine Fällung von Baryumsulfat.

Die Lösung in Wasser reducirte eine alkalische Kupferoxydlösung nur dann, wenn der Ueberschuss an Lauge und Kupferoxyd sehr bedeutend war, in welchem Falle eine geringe Reduction allmählich eintrat.

---

[1] Der beim Auslösen der Weingeistfällung mit Wasser ungelöste Rückstand wurde mit etwas Lauge gelöst und mit einigen Volumen Weingeist sowie mit Salzsäure bis 0·1 Procent versetzt. Die dann entstandene Fällung enthielt 2·1 Procent Schwefel und 0·6 Procent Phosphor (S. 376).

Nach dem Erhitzen mit Salzsäure wurde dagegen ziemlich schnell eine starke Reduction erhalten.[1]

Die Lösung gab also die Reactionen, durch welche die Chondroïtinschwefelsäure gekennzeichnet ist. Die Analyse zeigte auch, dass die Hauptmasse der Substanz aus Chondroïtinschwefelsäure bestand.

Bei der Bestimmung des Schwefels geschah die Verbrennung bei Gegenwart von Baryumhydrat und Ammoniumnitrat. Es wurde dadurch möglich, die Asche (Natrium und Kupfer) zu bestimmen. Die verwendete Substanz war 42·0 mg (bei 110° getrocknet) oder nach Abzug des Natriums und des Kupfers = 39·1 mg. Daraus wurden erhalten 13·3 mg Baryumsulfat, was einem Schwefelgehalt von 4·7 Procent entspricht.

Das Präparat war fast völlig frei von Phosphor.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 48·5 mg des (bei 110° getrockneten) Präparates oder nach Abzug des Kupfers und des Natriums 45·1 mg verwandt. Daraus erhielt ich 33·62 ccm Kohlensäure gleich 40·2 Procent Kohlenstoff, und 1·93 ccm Stickstoff ($N_2 = 1·75$ ccm; $NO/2 = 0·18$ ccm), was 5·4 Procent Stickstoff entspricht.

Die Chondroïtinschwefelsäure hat, nach der von Schmiedeberg angegebenen Formel berechnet, die Zusammensetzung C = 38·49 Procent; N = 2·50 Procent, S = 5·7 Procent.

Das Präparat bestand zwar nicht aus reiner Chondroïtinschwefelsäure, sondern war mit einer kohlen- und stickstoffreicheren Substanz (Eiweiss) vermischt. Die Ziffern nähern sich jedoch auffallend denen der Chondroïtinschwefelsäure, und die Analyse bestätigt den Ausschlag der qualitativen Reactionen und zeigt, dass die Hauptmenge aus Chondroïtinschwefelsäure bestand. (Ein Gemenge aus 1 Theil Serumalbumin und 4 Theilen Chondroïtinschwefelsäure würde der Berechnung nach 41·5 Procent C, 5·2 Procent N und 4·9 Procent S enthalten. Im untersuchten Präparat wurden 40·2 Procent C, 5·4 Procent N und 4·7 Procent S gefunden.)

III. In einem dritten Versuche, wo der vorher erwähnte schwach eiweisshaltige Harn bearbeitet wurde, fand ich Analysenzahlen, die mit denen der Chondroïtinschwefelsäure so nahe übereinstimmen, als man es im vorliegenden Falle erwarten kann.

Dabei wurden 39 Liter Harn dialysirt und mit Essigsäure (bis 0·2 Procent) gefällt. Der Niederschlag wurde gewaschen, in Wasser

---

[1] Bei dieser wie in den übrigen derartigen Untersuchungen wurde geprüft, ob die Natronlauge und das Seignettsalz eine Reduction der Kupferoxydlösung bewirkten, was nicht der Fall war.

mit etwas Ammoniak gelöst, mit Essigsäure gefällt, gewaschen, mit Alkohol und Aether behandelt und dann getrocknet. Ich erhielt 2·7 g Substanz. Diese wurde zu einigen qualitativen Proben benutzt und zu einer unten mitzutheilenden Analyse verwandt. Sie enthielt 0·2 Procent Phosphor, was der Nucleïnsäure zuzuschreiben ist.

Etwas mehr als 1·5 gm wurde zur Darstellung der Chondroïtinschwefelsäure nach der oben beschriebenen Methode benutzt.[1] Auch in diesem Falle war die Weingeistfällung nur zum Theil in Wasser löslich. Leider wurde der Phosphorgehalt des unlöslichen Rückstandes nicht bestimmt; bei der qualitativen Untersuchung wurde aber eine sehr starke Reaction erhalten; der Rückstand war also wahrscheinlich ziemlich reich an Nucleïnsäure.

Das zuletzt erhaltene Chondroïtinschwefelsäurepräparat war in Wasser mit ziemlich stark saurer Reaction löslich. Diese Lösung gab die qualitativen Reactionen der Chondroïtinschwefelsäure.

Beim Zusatz von mehreren Volumen Eisessig entstand eine flockige, gallertige Fällung, welche sich beim Zusatz von Wasser leicht löste.

Die mit Essigsäure versetzte Lösung gab mit einer essigsäurehaltigen Leimlösung einen flockigen, kleberigen Niederschlag.

Die Lösung war frei von präformirter Schwefelsäure. Nach dem Zusatz von Chlorbaryum und Salzsäure (bis 3 Procent) entstand beim Erwärmen, ohne dass die Flüssigkeit braun gefärbt wurde, eine ziemlich reichliche Fällung von Baryumsulfat. Die Schwefelsäure desselben wurde durch Schmelzen mit reinem Soda, Auslösen mit Wasser und Prüfung der angesäuerten Lösung mit Chlorbaryum identificirt.

Die Lösung reducirte eine alkalische Kupferoxydlösung nicht. Nach dem Erhitzen mit Salzsäure entstand ziemlich schnell eine schöne und reichliche Reduction der alkalischen Kupferoxydlösung.

Die Lösung verhielt sich negativ gegen Millon's Reagens. Sie wurde noch einmal mit Weingeist nebst etwas Kochsalz gefällt. Die getrocknete Fällung wog 64 mg.

Zur Aschenanalyse stand nur eine geringe Menge zur Verfügung. Aus 11·6 mg der bei 110° getrockneten Substanz wurde 1·7 mg Asche erhalten, die sich in Wasser mit neutraler Reaction löste; dabei blieb 0·1 mg CuO ungelöst; die Asche bestand übrigens aus Natriumsulfat. Nach dem Fällen mit Chlorbaryum wurden 2·4 mg Baryumsulfat er-

[1] Das Filtrat von der bei der Pepsindigestion entstandenen Fällung wurde neutralisirt und mit Blutserum und Essigsäure gefällt. Diese Fällung war sehr gering. Da sie etwas gepaarte Schwefelsäure und Phosphor enthielt, kann keine nennenswerthe Menge von einer anderen eiweissfällenden Substanz wie Chondroïtinschwefelsäure und Nucleïnsäure zugegen gewesen sein.

halten, was 1·5 mg Natriumsulfat entspricht (die lösliche Asche betrug 1·6 mg). Man kann daraus berechnen, dass die Menge des Kupfers und des Natriums zusammen 5 Procent betrug.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 46·8 mg der getrockneten Substanz verwendet. Nach Abzug des Kupfers und Natriums entspricht dies 44·8 mg. Daraus erhielt ich 28·85 ccm Kohlensäure, was 35·0 Procent Kohlenstoff entspricht, und 1·34 ccm Stickstoff ($N_2 = 0·98$ ccm und $NO/2 = 0·36$ ccm), was 3·8 Procent Stickstoff entspricht.

Bei der Beurtheilung der Resultate ist zu bemerken, dass die Substanz etwas Nucleïnsäure enthielt, was aus einem geringen Phosphorgehalt hervorgeht. Die Nucleïnsäure ist viel reicher an Stickstoff und kann an Kohlenstoff ärmer als die Chondroïtinschwefelsäure sein.[1] Ferner sind die Schwierigkeiten zu erwähnen, welche bei der Darstellung und Analysirung der Chondroïtinschwefelsäure bestehen, welche Schwierigkeiten bei Untersuchung des an Chondroïtinschwefelsäure reichen Knorpels sich sehr fühlbar machen, wie Schmiedeberg hervorhebt, und welche natürlich bei diesen Untersuchungen noch weniger vermieden werden konnten.

Nach der von Schmiedeberg aufgestellten Formel der Chondroïtinschwefelsäure beträgt der Kohlenstoff = 38·49 Procent und der Stickstoff = 2·50 Procent. Bei der Analyse der aus dem Trachealknorpel dargestellten Chondroïtinschwefelsäure fand C. Th. Mörner 35·28 Procent Kohlenstoff und 3·15 Procent Stickstoff.

Diese Analyse des Präparates aus dem Harne gab 35·0 Procent Kohlenstoff und 3·8 Procent Stickstoff.

Die qualitativen Reactionen und die Analysenresultate lassen es als unzweifelhaft erscheinen, dass die Substanz aus Chondroïtinschwefelsäure (nebst einer geringen Menge fremder Stoffe, wie Nucleïnsäure) bestand.

IV. Um dies Ergebniss noch sicherer zu stellen, habe ich einen vergleichenden Versuch gemacht, wo einige Liter des normalen Harns mit der Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure versetzt wurden. Der Harn wurde dann dialysirt, mit Essigsäure (bis 0·2 Procent) gefällt und der Niederschlag in der angegebenen Weise auf Chondroïtinschwefelsäure bearbeitet. Dabei war die erhaltene Weingeistfällung in

[1] Nach den von Kossel (*Archiv f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1891. S. 184 und 1893. S. 157—164) angegebenen Formeln der Nucleïnsäure enthält die aus Hefe dargestellte Säure Kohlenstoff = 34·0 bis 34·3 Procent; Stickstoff = 14·0 bis 14·4 Procent; Phosphor = 10·3 bis 10·6 Procent, und die Leuconucleïnsäure Kohlenstoff = 39·8 Procent; Stickstoff = 13·95 Procent, Phosphor = 10·30 Procent.

Wasser fast vollständig löslich (Nucleïnsäure war nicht in nennenswerther Menge zugegen). Die Menge der erhaltenen Substanz betrug 80 mg.

Die Aschenbestimmung in 23·5 mg (wie im vorigen Versuche ausgeführt) gab Cu + Na = 4 Procent.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 55·9 mg bei 110° getrockneter Substanz verwendet. Nach Abzug des Kupfers und des Natriums war die Menge = 53·7 mg. Daraus erhielt ich 36·0 ccm Kohlensäure, 36·1 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 1·52 ccm Stickstoff (N_2 = 1·26 ccm und NO/2 = 0·26 ccm), was 3·6 Procent Stickstoff entspricht.

In dem vorigen Versuche erhielt ich 35·0 Procent Kohlenstoff und 3·8 Procent Stickstoff. Durch diesen vergleichenden Versuch wurde also die Gegenwart der Chondroïtinschwefelsäure im vorigen Versuche noch sicherer gestellt.

Um zu ermitteln, wo unter den eiweissfällenden Substanzen des Harns die Chondroïtinschwefelsäure eingereiht werden soll, habe ich einige Analysen der aus dem Harne dargestellten Fällungen ausgeführt.

V. Normaler Harn (28 Liter) wurde dialysirt und mit Essigsäure (0·2 Procent) nebst Chloroform gefällt. Das Filtrat wurde mit einer Lösung von reinem Serumalbumin[1] (0·25 g des Albumins zu je 1 Liter) gefällt. Der Niederschlag wurde gesammelt und gewaschen, in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst, mit einigen Volumen Weingeist versetzt und durch Essigsäure wieder gefällt. Die Substanz wurde noch einmal mit Essigsäure aus Wasserlösung gefällt, mit Alkohol und mit Aether behandelt und dann getrocknet. Es wurde $1^1/_2$ g erhalten.

Die Lösung in Wasser mit etwas Ammoniak gab die Reaction von Millon. Ihr Verhalten beim Kochen, gegen Salpetersäure in der Kälte (Probe nach Heller), gegen die eiweissfällenden Reagentien, gegen Eisessig und bei der Pepsinverdauung war, wie oben für die Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure beschrieben worden ist. Eine alkalische Kupferoxydlösung wurde nicht reducirt, wenn nicht ein grosser Ueberschuss an Alkali und Kupferoxyd zugegen war, in welchem Falle eine schwache Reduction allmählich eintrat. Nach dem Kochen mit Salzsäure, bei welchem Schwefelsäure abgespalten ward, wurde dagegen bald eine schöne Reduction erhalten.

Die Substanz war fast völlig aschenfrei.

---

[1] Aus Pferdeblutserum nach J. E. Johansson dargestellt.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes wurden 92·8 mg der bei 110° getrockneten Substanz verwendet. Daraus erhielt ich 88·35 ccm Kohlensäure, 51·36 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 10·57 ccm Stickstoff (N_2 = 8·63 ccm und NO/2 = 1·94 ccm), was 14·32 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung der gepaarten Schwefelsäure wurden 0·7104 g der bei 110° getrockneten Substanz benutzt. Sie wurde mit Wasser und etwas Ammoniak eingeweicht, dann mit reiner Salzsäure (bis 5 Procent) versetzt und 2 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt. Die Mischung wurde dann mit Chlorbaryum versetzt und mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht. Ausgefälltes Eiweiss löste sich dann auf. Der Niederschlag wurde gewaschen und getrocknet; das Filtrum wurde verbrannt und die Asche mit Soda und ein wenig Salpeter geschmolzen. Die Schmelze wurde mit Wasser ausgelaugt. In dieser Lösung wurde die Schwefelsäure bestimmt, wobei 25·7 mg Baryumsulfat erhalten wurden, was 0·50 Procent Schwefel in der Form gepaarter Schwefelsäure entspricht.

Zur Bestimmung der Totalmenge des Schwefels (nach Liebig) wurden 0·3922 g der getrockneten Substanz verwendet. Es wurden 62·2 mg Baryumsulfat erhalten, was einem Gehalt von 2·18 Procent Schwefel entspricht.

In den Filtraten von den Baryumsulfatfällungen wurde die Phosphorsäure bestimmt. Ich erhielt nur 1·7 mg Magnesiumpyrophosphat, was (für die angewandte Substanzmenge = 1·1026 g) 0·04 Procent Phosphor entspricht.

Ein Theil des zur Fällung benutzten Eiweisses wurde analysirt. Die Lösung desselben wurde durch Kochen coagulirt, mit Wasser und Alkohol gewaschen, mit Aether behandelt und dann getrocknet.

Der Aschengehalt war 0·1 Procent.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 95·9 mg der als aschenfrei berechneten, bei 110° getrockneten Substanz verwendet. Daraus erhielt ich 94·80 ccm Kohlensäure, 53·33 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 12·21 ccm Stickstoff (N_2 = 10·17 ccm und NO/2 = 2·04 ccm), was 16·01 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung des Schwefels wurden 1·7780 g der (aschenfreien, getrockneten) Substanz benutzt. Daraus wurden 0·2232 g Baryumsulfat erhalten, was 1·72 Procent Schwefel entspricht.

In der folgenden Tabelle werden diese gefundenen Werthe mit der nach Schmiedeberg's Formel berechneten Zusammensetzung der Chondroïtinschwefelsäure und der berechneten Zusammensetzung einer Verbindung von 12 Procent Chondroïtinschwefelsäure und 88 Procent des Serumalbumins zusammengestellt.

	Chondroïtinschwefelsäure %	Angewandtes Serumalbumin %	Verbindung von 12 Proc. Chondroïtinschwefelsäure und 88 Proc. Serumalbumin %	Aus dem Harn erhaltene Fällung %
Kohlenstoff	38·50	53·38	51·55	51·36
Stickstoff	2·50	16·01	14·39	14·32
Schwefel	5·70	1·72	2·20	2·18
Schwefel in Form von gepaarter Schwefelsäure	5·70	—	0·68	0·50
Phosphor	—	—	—	0·04

Die Uebereinstimmung zwischen der Zusammensetzung der Fällung aus dem Harn und der berechneten Zusammensetzung einer Verbindung von 12 Procent Chondroïtinschwefelsäure und 88 Procent des zur Fällung benutzten Serumalbumins ist eine so gute, dass man (unter Berücksichtigung des oben Gesagten) sicher annehmen kann, dass die Fällung für Serumalbumin aus dem Harne hauptsächlich aus einer Verbindung dieser Stoffe in etwa diesem Verhältnisse bestanden hat.

Ich habe ferner die Zusammensetzung der Fällungen aus dem oben mehrmals erwähnten „schwach eiweisshaltigen" Harn bestimmt.

Ich will jetzt die Eigenschaften dieses Harnes etwas näher schildern.

Nach durchgemachter Scarlatina schied diese Person andauernd einen Eiweisskörper mit dem Harn aus. Unter Beibehaltung der Bettlage sistirte die Ausscheidung.

Bei Untersuchung des durch die Centrifuge gesammelten Sedimentes aus einer grösseren Harnprobe (150 bis 400 ccm) konnte ich einigemal keine Nierencylinder beobachten. Einmal wurden einige feinkörnige Cylinder wahrgenommen. Nierenepithel war nicht zu sehen.

Seiner Natur nach wäre der Eiweisskörper, den früheren Beschreibungen gemäss, als „aufgelöstes Mucin", „mucinähnliche Substanz", oder „Nucleoalbumin" zu bezeichnen.

Während der $2^1/_2$ Monate, da ich den Harn sammelte, verhielt sich derselbe jedoch nicht immer gleich.

Bei Ausführung der Eiweissprobe mit Salpetersäure in der Kälte (nach Heller) wurden zwei Ringe erhalten. Der eine lag in der Berührungsstelle zwischen der Säure und dem Harn. Der andere befand sich etwa $^1/_2$ bis 1 cm höher. Bisweilen war der untere Ring undeutlich. Wenn der Harn vor der Ausführung der Probe mit einigen Volumen Wasser verdünnt worden war, trat der obere Ring stärker hervor. Der untere Ring wurde dann bisweilen vermisst.

Beim Aufkochen des sauren Harns wurde eine schwache Trübung erhalten, die durch Zusatz von Essigsäure vermehrt wurde. Es entstand dann eine flockige Fällung. Bisweilen war der Zusatz von Essigsäure ohne Erfolg.

Durch Zusatz von Essigsäure wurde der Harn in der Kälte getrübt; bisweilen jedoch nicht. Nach dem Verdünnen des Harns mit destillirtem Wasser gab die Essigsäure eine Trübung oder eine Fällung; die Fällung war in überschüssiger Essigsäure schwer löslich.

Nach der Dialyse wurde durch Zusatz von Essigsäure bis 0·2 Procent eine Fällung (ohne Schütteln mit Chloroform) bewirkt. Das Filtrat von dieser Fällung enthielt bisweilen ein wenig Eiweiss; es gab dann bei der Heller'schen Probe nur einen Ring, nämlich den unteren. Bisweilen war das Filtrat frei von Eiweiss; es wurde dann nicht selten beobachtet, dass Blutserum eine Fällung hervorrief.

Die durch Essigsäure in dem dialysirten Harne hervorgerufene Fällung betreffend habe ich schon ausgeführt, dass die Lösung derselben in Salzsäure (0·2 Procent) bei der Pepsindigestion einen Niederschlag abschied, und dass dieser Niederschlag ebenso wie die ursprüngliche Fällung Phosphor enthielt. Ich habe ferner zweimal Nucleïnbasen in derselben nachgewiesen. Weiter habe ich die Gegenwart von gepaarter Schwefelsäure und die Bildung einer reducirenden Substanz beim Kochen mit Salzsäure hervorgehoben. Schliesslich habe ich aus dieser Fällung fast reine Chondroïtinschwefelsäure dargestellt.

Ich habe also in dieser Fällung die Gegenwart von Chondroïtinschwefelsäure und von Nucleïnsäure dargethan.

Obgleich dieser Harn nicht normal war, habe ich diese Beobachtungen dennoch mitgetheilt, weil sie die bei Untersuchung des normalen Harns gefundenen Ergebnisse bestätigen und ergänzen. Aus demselben Grunde theile ich auch die Resultate der folgenden Analysen mit.

VI. Die aus 8·7 Liter des schwach eiweisshaltigen Harns erhaltene Fällung wurde analysirt. Sie enthielt 0·8 Procent Asche.

Der Stickstoff wurde nach Kjeldahl-Wilfarth bestimmt. Das Ammoniak aus 0·1327 ^{g} der bei 110° getrockneten Fällung (als aschenfrei berechnet) sättigte 12·8 ^{ccm} Säure N/10, was 13·49 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung der gepaarten Schwefelsäure wurden 0·4654 ^{g} der getrockneten, aschenfreien Substanz mit Ammoniak durch Erwärmen gelöst. Die Lösung wurde mit Salzsäure bis zu $2^1/_2$ Procent und mit Chlorbaryum versetzt, und dann 4 Stunden lang auf dem Wasserbade erwärmt. Die Flüssigkeit wurde darauf mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht, wobei ausgefällte Eiweissstoffe gelöst wurden und das Baryumsulfat fast rein zurückblieb. Dieses wurde gewaschen, mit Soda und etwas Salpeter umgeschmolzen, und dann die Schwefelsäure be-

stimmt. Ich erhielt dabei 32·2 mg Baryumsulfat, was 0·95 Procent Schwefel in der Form von gepaarter Schwefelsäure entspricht.

Die Fällung enthielt etwas, aber nicht viel Phosphor.

Ein Gehalt von 0·95 Procent Schwefel in der Form von gepaarter Schwefelsäure würde 16 Procent Chondroïtinschwefelsäure und 84 Procent Serumalbumin entsprechen. Eine solche Verbindung würde 13·76 Procent Stickstoff enthalten, während ich in der Fällung 13·49 Procent fand.

Auch hier kann man aus den Ergebnissen der Analyse und aus der Geringfügigkeit des Phosphorgehaltes schliessen, dass die Fällung hauptsächlich aus einer Verbindung der Chondroïtinschwefelsäure mit Serumalbumin (hier in dem Verhältniss von etwa 1 : 5) bestand.

VII. Von einem anderen Präparat der Essigsäurefällung aus demselben Harne, welches durch wiederholtes Auflösen und Ausfällen gereinigt und mit Alkohol und Aether[1] behandelt worden war, wurde ein Theil zur Darstellung der Chondroïtinschwefelsäure verwendet (S. 389). Der übrige Theil wurde zu einigen qualitativen Versuchen und zur Analyse gebraucht.

Die Lösung des Präparates gab eine schöne Reaction mit Millon's Reagens. Bei der Probe nach Heller wurde in der verdünnten Lösung ein scharfer Eiweissring erhalten und etwa $1^1/_2$ cm weiter oben ein anderer Ring. Die durch Essigsäure bewirkte Fällung war in einem Ueberschuss ziemlich schwer löslich, so dass sie bei allmählichem Zusatz eines gleichen Volumens 25 procentiger Essigsäure nicht gelöst wurde; bei raschem Zusatz der Säure wurde sie leichter gelöst. Bei Pepsindigestion der Lösung in Salzsäure (0·2 Procent) entstand eine Fällung. Beim Erhitzen mit Salzsäure wurde Schwefelsäure abgespalten.

Das Präparat war frei von präformirter Schwefelsäure. Es enthielt 1·2 Procent Asche.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes wurden 73·4 mg der bei 110° getrockneten aschefreien Substanz gebraucht. Daraus erhielt ich 70·01 ccm Kohlensäure, 51·36 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 8·35 ccm Stickstoff ($N_2 = 7·03$ ccm und $NO/2 = 1·32$ ccm), was 14·3 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung des Schwefels wurden 0·5363 g der getrockneten, als aschenfrei berechneten Substanz verarbeitet. Dabei wurden 91·7 mg Baryumsulfat erhalten, was 2·34 Procent Schwefel entspricht.

---

[1] Die Alkohol-Aetherlösung enthielt kaum Spuren von Phosphor.

Die Bestimmung der Phosphorsäure im Filtrate vom Baryumsulfat gab 3·7 mg Magnesiumpyrophosphat, was 0·2 Procent Phosphor entspricht.

Diese Ziffern werden mit den Werthen zusammengestellt, welche bei der Analyse der aus normalem Harn durch Serumalbumin (nach vorheriger Dialyse und Fällung mit Essigsäure nebst Chloroform) bewirkten Fällung erhalten wurden (S. 394).

	Fällung durch Essigsäure aus dem eiweisshaltigen Harn %	Fällung durch Serumalbumin aus normalem Harn %
Kohlenstoff	51·36	51·36
Stickstoff	14·13	14·32
Schwefel	2·34	2·18
Schwefel in Form von gepaarter Schwefelsäure	—	0·50
Phosphor	0·2	0·04

Aus oben angeführten Gründen kann man als sicher annehmen, dass die letzterwähnte Fällung hauptsächlich aus einer Verbindung von Chondroïtinschwefelsäure mit dem zugesetzten Serumalbumin etwa in dem Verhältniss von 1 : 7 bestand. Daneben fanden sich wahrscheinlich Spuren von Nucleïnsäure vor.

In der aus dem „schwach eiweisshaltigen" Harn durch Essigsäure bewirkten Fällung wurde freilich die gepaarte Schwefelsäure nicht bestimmt. Da sie jedoch leicht nachweisbar war, und da Chondroïtinschwefelsäure aus der Fällung dargestellt wurde, liegt kein Grund vor, in dieser Hinsicht eine Verschiedenheit der beiden Präparate anzunehmen. Die ausgeführten Analysen zeigen eine so grosse Uebereinstimmung der beiden Präparate, dass auch für die eben besprochene Fällung eine Verbindung der Chondroïtinschwefelsäure mit Serumalbumin[1] als hauptsächlicher Bestandtheil angenommen werden darf.

Ich habe bereits oben auf die Untersuchungen über das Vorkommen der Chondroïtinschwefelsäure im Organismus hingewiesen.

[1] Der Schwefelgehalt des Serumglobins (1·11 Procent) ist so viel geringer, als der des Serumalbumins (1·72), dass die Gegenwart einer nennenswerthen Menge von Serumglobulin den Schwefelgehalt merklich niedriger gemacht hätte.

Sie wurde in allen bisher untersuchten Knorpeln wiedergefunden; weiter wurde sie in der Intima der groben Arterien und in der amyloiddegenerirten Leber nachgewiesen. Mit negativem Ergebniss wurde sie in anderen Organen, wie Knochen, Synovia, Sehnen, Muskeln, im Blute und in verschiedenen drüsigen Organen, worunter auch in den Nieren, nachgesucht.

Da ich nachgewiesen habe, dass die Chondroïtinschwefelsäure ein normaler Harnbestandtheil ist, schien es mir nahe zu liegen, die Nieren zu untersuchen. Zu dieser Untersuchung habe ich die Nieren des Rindes verwendet. Die Nierenkapsel und die Gewebe im Hilus wurden völlig entfernt. In der rückständigen Nierensubstanz habe ich die Chondroïtinschwefelsäure unzweideutig nachweisen können.

Im ersten Versuche wurde das Mark von sechs Rindernieren zerhackt, mit Wasser und dann mit Wasser nebst Ammoniak ausgelaugt. Die trübe ammoniakalische Lösung wurde durch Essigsäure gefällt; der Niederschlag wurde mit Alkohol und dann mit Aether behandelt, dann mit Wasser und etwas Ammoniak ausgelaugt; die erhaltene Lösung wurde mit Essigsäure gefällt.

Ein Theil der so erhaltenen Substanz wurde mit Natronlauge in reichlichem Ueberschuss gelöst. Nach einer kurzen Weile wurde die Flüssigkeit neutralisirt und dann filtrirt. Das Filtrat wurde mit Salzsäure und Weingeist gefällt.[1] Ich erhielt dabei eine unbedeutende Fällung, welche in Wasser gelöst wurde.

Ein Theil dieser Lösung gab keine Trübung mit Chlorbaryum. Nach dem Zusatz von reiner Salzsäure und Erhitzen auf dem Wasserbade wurde eine ziemlich reichliche Fällung erhalten.

Ein anderer Theil der Lösung wurde erst mit Salzsäure erwärmt, filtrirt und dann mit Chlorbaryum versetzt. Der dabei entstandene ziemlich reichliche Niederschlag wurde durch Umschmelzen mit Soda und Prüfung auf Schwefelsäure als Baryumsulfat identificirt.

Ein anderer Theil (0·65 g) des Präparates aus dem Nierenmarke wurde mit Ammoniak gelöst und mit Pepsin und Salzsäure digerirt. Der dabei entstandene Niederschlag wurde, wie oben (S. 385—386) beschrieben, durch Fällen mit Kupferacetat auf Chondroïtinschwefelsäure bearbeitet. (Die Kupferfällung wurde jedoch durch Dialyse unter Zusatz von Salzsäure zersetzt.) Sowohl in der im Dialysator befindlichen Lösung, als in dem bei der Dialyse entstandenen Niederschlag konnte ich eine gar nicht unbedeutende Menge gepaarter Schwefelsäure

[1] Ich befolgte also hierbei hauptsächlich den von Altmann zur Darstellung der Nucleïnsäure angegebenen Weg.

nachweisen. Auch konnte ich nachweisen, dass sich ein reducirender Körper beim Kochen mit Salzsäure bildete, weiter, dass die durch Essigsäure angesäuerte Lösung eine ebenfalls angesäuerte Leimlösung fällte, und dass sie durch Zusatz von mehreren Volumen Eisessig gefällt wurde.[1]

In einem zweiten Versuche wurde ein Präparat in derselben Weise aus der Rinde der Nieren dargestellt. Auch in diesem konnte ich nach dem Fällen mit Kupferacetat u. s. w. die Gegenwart gepaarter Schwefelsäure nachweisen.

In einem dritten Versuche wurde ein kürzerer Weg eingeschlagen. Zwei Rindernieren wurden fein zerhackt und einige Tage mit Weingeist behandelt. Die Hauptmasse des Eiweisses wurde dabei unlöslich. Die Substanz wurde dann mit Aether behandelt, darauf mit Ammoniak von 0·02 Procent ausgelaugt und die Lösung mit Essigsäure gefällt. Diese Fällung wurde in Salzsäure (0·2 Procent) gelöst und mit (controllirtem) Pepsin digerirt. Der hierbei entstandene Niederschlag wurde durch Fällen der alkalischen Lösung mit Kupferacetat bearbeitet. Die Kupferverbindung wurde unter successivem Zusatz von Salzsäure dialysirt. Der dabei ungelöste Rückstand bestand hauptsächlich aus Nucleïnsäure. In der Lösung befand sich Chondroïtinschwefelsäure, die durch Weingeist gefällt wurde. Die erhaltene Substanzmenge betrug 0·04 g.

Der Phosphorgehalt derselben war sehr gering. Die Lösung in Wasser gab mit Millon's Reagens eine geringe Fällung, die jedoch beim Kochen nicht roth wurde (Nucleïnsäure).[2]

Die Lösung der Substanz war frei von präformirter Schwefelsäure. Beim Erhitzen mit reiner Salzsäure und Chlorbaryum entstand eine reichliche Fällung von Baryumsulfat. Die Bildung einer reducirenden Substanz konnte auch leicht dargethan werden. Die durch Essigsäure sauer gemachte Lösung wurde durch eine ebenfalls angesäuerte Leimlösung gefällt. Bei Zusatz von einer reichlichen Menge Eisessig wurde

[1] Ein positiver Ausschlag dieser letzterwähnten Proben allein ist hierbei nicht beweisend, da Nuleïnsäure zugegen war. Auch diese kann möglicherweise einen reducirenden Körper beim Erhitzen mit Salzsäure geben. Bei Untersuchung der Nucleïnsäure aus der Hefe habe ich auch gesehen, dass man eine essigsäurehaltige Lösung derselben erhalten kann, welche durch eine angesäuerte Leimlösung und durch eine reichliche Menge von Eisessig gefällt wird. Die Probe auf gepaarte Schwefelsäure mit diesen Proben zusammen wird jedoch keinen Zweifel übrig lassen.

[2] Die Lösung der Nucleïnsäure, nach Altmann aus der Hefe dargestellt, gab mit Millon's Reagens eine Fällung, die jedoch beim Kochen nicht roth wurde. Die Säure gab nicht die Biuretreaction.

eine Fällung gebildet; diese wurde auf einem Filter gesammelt und in Wasser gelöst; beim Erhitzen mit Salzsäure und Chlorbaryum entstand ein Niederschlag von Baryumsulfat.

Dass eine geringe Menge Chondroïtinschwefelsäure aus den Rindernieren dargestellt werden konnte, ist also unzweifelhaft.

Versuche, die Chondroïtinschwefelsäure weiter zu verfolgen, gaben mir ein negatives Ergebniss. Im Blutserum des Pferdes wurde die Säure einige Male vergebens gesucht; auch wenn ich die Fällung untersuchte, welche zuerst entstand, wenn das verdünnte Serum mit Essigsäure bis 0·2 Procent versetzt und mit Chloroform geschüttelt wurde, fiel das Ergebniss negativ aus.

Bei der Untersuchung von Fibrin aus Pferdeblut, von Eiterkörperchen und von Eiterserum war das Ergebniss ebenfalls negativ.

Zusammenfassung.

Die Ergebnisse der in dieser Abtheilung beschriebenen Untersuchungen sind hauptsächlich folgende.

Im normalen Harne finden sich Substanzen vor, die in schwach essigsäurehaltiger Lösung Eiweiss fällen. Dasselbe war auch der Fall in einem schwach eiweisshaltigen Harn.

Den ersten Rang unter den eiweissfällenden Substanzen nimmt die Chondroïtinschwefelsäure ein, welche in jeder Probe des normalen Harns und ebenso in dem schwach eiweisshaltigen Harne nachgewiesen werden konnte. Sie war auch in dem durch Catheter entleerten Harn von Weibern nachzuweisen.

Diese Säure konnte auch in den Rindernieren nachgewiesen werden. (Im Pferdeblutserum und im Eiter wurde sie vergebens gesucht.)

Ausser dieser Säure wurde auch Nucleïnsäure sowohl im normalen als in dem schwach eiweisshaltigen Harne aufgefunden. Die Menge derselben war jedoch stets gering; bisweilen kann sie vielleicht vermisst werden. Nie nahm die Nucleïnsäure unter den eiweissfällenden Substanzen den ersten Rang ein.

Bisweilen kann die Taurocholsäure an der Ausfällung des Eiweisses betheiligt sein. Einige Male erhielt ich nämlich bei der Prüfung der Eiweissfällung aus dem normalen Harne auf Gallensäure ein positives Ergebniss. Dies war jedoch eine Ausnahme. Im Allgemeinen wurde ein negativer

oder undeutlicher Ausschlag erhalten. Im icterischen Harn kann dagegen die Gallensäure eine hervorragende Bedeutung als eiweissfällende Substanz haben.

Ausser den genannten Säuren habe ich keine andere eiweissfällende Substanz nachweisen können. Die Zusammensetzung der Fällung zeigte auch, dass keine nennenswerthe Menge von einer anderen Substanz zugegen sein konnte.

Die Chondroïtinschwefelsäure und wahrscheinlich auch die Nucleïnsäure finden sich zum Theil frei oder als Salz im Harne vor. Wenn die Eiweissverbindung derselben durch Dialyse, Zusatz von Essigsäure (bis 0·2 Procent) und Schütteln mit Chloroform ausgefällt worden sind, können sie daher im Filtrate durch Zusatz einer Eiweisslösung ausgefällt werden.

Wie ich in der folgenden Abtheilung zeigen werde, können Verbindungen von diesen Säuren mit Eiweiss aus normalem Harne (wie aus dem schwach eiweisshaltigen) durch Essigsäure ausgefällt werden. Wahrscheinlich werden jedoch diese Verbindungen nicht präformirt abgesondert. Da nämlich im normalen Harn ein Theil der Säuren im Filtrate von dieser Fällung vorkommen kann, ist es nicht wahrscheinlich, dass der übrige Theil als eine präformirte Eiweissverbindung abgesondert wird.

Es ist daher wahrscheinlich, dass der Uebergang der Chondroïtinschwefelsäure und der des Eiweisses im Harn zwei verschiedene Processe sind, die unabhängig von einander verlaufen. Im Harne können diese Substanzen sich dann vereinigen und bei Zusatz von Essigsäure ausfallen. Je nach der relativen Menge können sie dann (nach der Dialyse und nach Zusatz von Essigsäure) beide ziemlich vollständig ausfallen, wie es bisweilen in dem schwach eiweisshaltigen Harn geschah, oder ein Ueberschuss der eiweissfällenden Substanzen (wie im normalen Harn) oder des Eiweisses (wie es in dem schwach eiweisshaltigen Harn bisweilen der Fall war) in der Lösung bleiben.

Je nach der relativen Menge des Eiweisses und der eiweissfällenden Substanzen können die Verbindungen derselben etwas verschiedene Eigenschaften (wie verschiedene Fällbarkeit durch Säuren und Löslichkeit in einem Ueberschuss derselben) haben. Durch dieses Verhalten wird die Entstehung einer Fällung bei der Digestion der Lösung in Salzsäure mit Pepsin erklärt.

Untersuchungen, welche ich über die Menge der eiweissfällenden Substanzen im normalen Harn ausgeführt habe, werden in der folgenden Abtheilung besprochen.

Die Kenntniss dieser eiweissfällenden Substanzen des Harns ist in mehreren Hinsichten von Interesse. Erst mit Hülfe dieser ist es möglich, die Frage über das Vorkommen von Eiweiss im normalen Harn zu bearbeiten, und die Erscheinungen, welche sich dabei bieten, zu erklären.

Auch zur Forschung in anderen Richtungen giebt diese Kenntniss Anregung. Da ich hoffe, diese Untersuchungen auf dem pathologischen Gebiete weiter verfolgen zu können, habe ich vor der Hand keine Veranlassung, auf diese Fragen einzugehen.

2. Ueber das Vorkommen von Eiweiss im normalen Menschenharn.

Zu den folgenden Versuchen habe ich Harnproben ausgewählt, welche bei Ausführung der Eiweissprobe nach Heller im filtrirten völlig klaren Harne keine deutliche Eiweissreaction, d. h. keine wahrnehmbare abgegrenzte Trübung zwischen der Salpetersäure und dem Harne gaben. Die Salpetersäure wurde dabei durch eine Pipette unter den Harn eingeführt, so dass sie eine scharf begrenzte Schicht bildete. Die Probe wurde wenigstens 5 Minuten, meist aber 15 bis 30 Minuten lang beobachtet. Eine andere Trübung wird nicht als Zeichen der Gegenwart von Eiweiss angesehen. Es ist die Regel, dass bei der Probe nach Heller nach einer Weile eine Trübung im Harne entsteht. Eine schwache ringförmige oder diffuse Trübung, etwa $^1/_2$ bis 1 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure, wird oft beobachtet; diese kann sich bisweilen nach abwärts gegen die Salpetersäure erstrecken. Nach dem Verdünnen mit 2 bis 3 Volumen Wasser ist diese obere Trübung bisweilen deutlicher als bei der Untersuchung des unverdünnten Harns. Sie wird also nicht durch Uraten bedingt. Nicht selten kann man oberhalb der Salpetersäure eine schwache diffuse Trübung und in dieser bisweilen eine Ausscheidung von Harnsäure wahrnehmen.

Eine Trübung, welche nicht deutlich begrenzt ist und nicht dicht an der Salpetersäure liegt, wird bekanntlich nicht als ein Zeichen der Gegenwart von Eiweiss aufgefasst. Sie ist übrigens so gewöhnlich, dass, wenn sie als ein Beweis für die Gegenwart von Eiweiss angesehen wird, die Frage über das regelmässige Vorkommen von Eiweiss im normalen Harn als in positiver Richtung entschieden anzusehen wäre.

Da es eine Ausnahme ist, eine Harnprobe zu erhalten, welche bei der in oben beschriebener Weise ausgeführten Probe nach Heller oberhalb der Salpetersäure gar keine Trübung giebt, konnte ich eine solche Trübung nicht berücksichtigen. Dagegen habe ich sehr genau auf eine begrenzte Trübung dicht bei der Salpetersäure geachtet, und da ich die Proben länger, als es gewöhnlich geschieht, beobachtet habe, kann ich sicher behaupten, dass die Harnproben bei der Untersuchung nach Heller sich als im gewöhnlichen Sinne eiweissfrei erwiesen.

Zur Bearbeitung wurde der Harn etwa 24 Stunden dialysirt und dann durch Essigsäure (bis 0·1 bis 0·2 Procent) und Schütteln mit Chloroform gefällt. Der Niederschlag wurde in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst und durch Essigsäure (wenn nöthig unter Schütteln mit Chloroform) noch einmal gefällt. Der Niederschlag wurde dann in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst, mit einigen Volumen Weingeist versetzt und mit Essigsäure gefällt. Etwas Farbstoff blieb dabei in der Lösung. Die Fällung wurde dann mit Weingeist und mit Aether gewaschen und darnach getrocknet. Die erhaltenen Präparate waren stets gefärbt, bisweilen ziemlich stark.

In Wasser wurde die Substanz bei der Gegenwart von etwas Alkali oder Ammoniak schon bei neutraler Reaction leicht gelöst. Die Lösung war klar, gewöhnlich ziemlich stark braun gefärbt. Wenn die Substanz auf dem Wasserbade mit etwas Essigsäure eingetrocknet wurde, oder wenn die trockene Substanz auf 110 bis 115° erhitzt wurde, so quoll sie mit verdünntem Ammoniak (0·02 Procent) auf, löste sich aber nicht immer vollständig; durch Erwärmen konnte sie in Lösung gebracht werden.

Die mit etwas Ammoniak bereitete Wasserlösung konnte mit Essigsäure bis zu stark saurer Reaction versetzt werden, ehe eine Opalescenz eintrat; bei weiterem Zusatz der Säure wurde sie opalescent, und dann schliesslich gefällt. Wenn der Niederschlag sich schon abgeschieden hatte, war er in überschüssiger Essigsäure sehr schwer löslich. Wenn der Ueberschuss an Säure sogleich zugesetzt wurde, konnte die Substanz bisweilen schon mit 1 Procent Essigsäure gelöst werden; ein anderes Mal forderte sie bis 8 Procent Essigsäure. Die Verdünnung der Lösung ist hierbei von grosser Bedeutung.

Durch Zusatz von mehreren Volumen Eisessig wurde die Lösung nicht gefällt.

In einem Ueberschuss von Salzsäure war die Substanz leicht löslich.[1]

[1] Gegenwart von Harnsäure war dabei nicht zu bemerken: Weder sogleich noch bei mehrtägigem Aufbewahren in der Kälte (0°) setzte sich Harnsäure ab.

Die neutrale oder die durch Essigsäure schwach angesäuerte Lösung wurde beim Kochen gewöhnlich nicht coagulirt; sie blieb entweder unverändert oder nur schwach getrübt. Ebenso verhielt sich die mit etwa dem gleichen Volumen gesättigter Kochsalzlösung versetzte Lösung. Auch beim Aufkochen der mit mehr Essigsäure (bis zu schwacher Opalescenz) versetzten Lösung wurde sie nur getrübt, ohne dass sich eine Fällung abschied. Ich habe auch beobachten können, dass die Coagulation von zugesetztem Blutserum erschwert wurde. Bisweilen habe ich jedoch die Abscheidung einer flockigen Fällung beim Aufkochen der schwach angesäuerten Lösung gesehen.

Diese Verschiedenheit ist ausser durch verschiedene Concentration der Lösungen durch eine verschiedene Relation zwischen dem Eiweiss und der eiweissfällenden Substanz zu erklären.

Die Substanz gab die Farbenreactionen des Eiweisses: die Reaction von Millon, Adamkiewicz und die Biuretprobe; die Ausführung der letzterwähnten Reaction wurde jedoch oft durch die Farbstoffe erschwert.

Auch die Fällungsreactionen des Eiweisses gaben einen positiven Ausschlag.

Eine Lösung von 0·05 Procent gab bei der Probe nach Heller sogleich einen scharf begrenzten Eiweissring dicht bei der Salpetersäure. Etwas höher oben (etwa 1 cm) war ein anderer weniger scharf begrenzter Ring zu sehen. Wenn zur Probe eine mit überschüssiger Essigsäure versetzte Lösung gebraucht wurde, so war nur der ersterwähnte untere Ring zu sehen. Der obere Ring, welcher ein Neutralisationspräcipitat darstellt, trat dabei nicht hervor.

Durch Metaphosphorsäure, Sulfosalicylsäure, Trichloressigsäure, Pikrinsäure und Citronensäure (das Reagens von Esbach) wurde eine Fällung hervorgerufen.

Gerbsäure allein oder zugleich mit Kochsalz gab eine reichliche Fällung.

Die Lösung in einem Ueberschuss von Essigsäure gab mit diesen Reagentien (Metaphosporsäure, Sulfosalicylsäure, Trichloressigsäure, Pikrinsäure, Reagens von Esbach, Quecksilberjodid-Jodkalium, Gerbsäure) eine Fällung. Sie wurde auch durch eine geringe Menge Ferrocyankalium, durch Jod-Jodkalium und durch Chondroïtinschwefelsäure gefällt.

Die Lösung in einem geringen Ueberschuss an Salzsäure gab mit ein wenig Ferrocyankalium und mit Quecksilberjodid-Jodkalium eine reichliche Fällung. Auch mit Sublimat und Kochsalz war eine Trübung oder eine Fällung zu erhalten.

Die Substanz verhielt sich also von dem gewöhnlichen Mucin oder von dem oben geschilderten Harnmucoïd ganz verschieden.

Bei der Untersuchung der Präparate aus mehreren Harnproben verschiedener Personen konnte ich immer die Abspaltung von Schwefelsäure und die Bildung einer reducirenden Substanz beim Erhitzen mit Salzsäure nachweisen.

Die Prüfung auf Phosphor hat im Allgemeinen einen positiven Ausschlag gegeben. Am häufigsten war die Reaction schwach; bisweilen wurde eine starke Reaction erhalten.

In ihren Eigenschaften stimmte also diese, aus dialysirtem, normalem Harn durch Essigsäure nebst Chloroform abgeschiedene Substanz mit der Fällung überein, welche im Filtrat durch Zusatz von Eiweiss (Blutserum oder Serumalbumin) abgeschieden wurde, wie sie in der vorigen Abtheilung geschildert wurde. Ebenso stimmte sie mit der Fällung für Essigsäure aus dem oben erwähnten dialysirten „schwach eiweisshaltigen" Harne überein. Die Eigenschaften stimmen auch mit denen überein, welche oben für die künstliche Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure angegeben wurden. Die Verschiedenheiten, welche sich vorfanden (wie bezüglich der Fällbarkeit durch Essigsäure) lassen sich durch einen Unterschied in der Relation des Eiweisses und der eiweissfällenden Substanzen zu einander erklären.

Auch in der Zusammensetzung findet sich diese Uebereinstimmung hauptsächlich wieder. Die durch Essigsäure (nebst Chloroform) aus dialysirtem normalen Harn ausgefällte Substanz bestand gleichfalls zum grösseren Theil aus der Eiweissverbindung der Chondroïtinschwefelsäure; daneben fand sich, allem Anschein nach, eine geringe Menge von der Eiweissverbindung der Nucleïnsäure vor.

I. Bei der Darstellung des ersten Präparates hatte ich noch nicht die Bedeutung eines kräftigen Schüttelns mit Chloroform kennen gelernt; auch im Uebrigen war ich nicht mit allen Verhältnissen bei diesen Arbeiten vertraut. Die Ausbeute war daher ziemlich gering. Aus 20 Litern normalen Harns (von zwei Männern gesammelt) wurden 0·2 g der stark braun gefärbten Substanz erhalten.

Die gepaarte Schwefelsäure war qualitativ leicht nachweisbar. Die Substanz schien verhältnissmässig reich an Phosphor zu sein.

Sie gab die Reactionen von Millon und Adamkiewicz und die oben angeführten Fällungsreactionen des Eiweisses.

Der Aschengehalt war 1·4 Procent.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 72·3 mg der bei 110 bis 115° getrockneten, als aschenfrei berechneten, Substanz verwendet. Ich erhielt daraus 65·60 ccm Kohlensäure, 48·95

Procent Kohlenstoff entsprechend, und 7·65 ccm Stickstoff ($N_2 = 5·95$ ccm; $NO/2 = 1·70$ ccm), was 13·30 Procent Stickstoff entspricht.

II. Von denselben zwei Männern (wie Präp. I.) wurden 23 Liter normalen Harns gesammelt und bearbeitet. Das Präparat (0·66 g) stellte ein ziemlich stark braun gefärbtes Pulver dar.

Die qualitativen Reactionen waren dieselben, wie für das Präp. I. Qualitativ war eine geringe Menge Phosphor nachweisbar.

Der Gehalt an Asche betrug 1 Procent.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und Stickstoffes wurden 79·8 mg der bei 110 bis 115° getrockneten, als aschenfrei berechneten Substanz verwendet. Ich erhielt daraus 75·35 ccm Kohlensäure, 50·94 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 8·70 ccm Stickstoff ($N_2 = 6·63$ ccm und $NO/2 = 2·07$ ccm), was 13·70 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung der gepaarten Schwefelsäure wurden 0·4254 g der als aschenfrei berechneten, bei 110 bis 115° getrockneten Substanz mit verdünntem Ammoniak behandelt, wobei sie sich fast vollständig löste; dann wurde Chlorbaryum zugesetzt und filtrirt. Das Filtrat (etwa 100 ccm) wurde mit 10 ccm reiner Salzsäure versetzt und 4 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt. Die Flüssigkeit wurde dann mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht und filtrirt. Das Filtrum (nebst der Fällung) wurde verbrannt und der Rückstand mit Soda geschmolzen. In der Schmelze wurde dann die Schwefelsäure bestimmt, wobei 20·2 mg Baryumsulfat erhalten wurden, was 0·65 Procent Schwefel in der Form von gepaarter Schwefelsäure entspricht.

Bei der Bestimmung des Phosphors im Filtrate wurden 1·1 mg Magnesiumpyrophosphat erhalten, was etwa 0·08 Procent Phosphor entspricht.

III. Der Harn wurde von sechs verschiedenen Personen gesammelt. Die einzelnen Harnportionen (je einige Liter betragend) wurden auf Eiweiss geprüft: Nie trat ein Eiweissring auf; oft war auch keine obere Trübung deutlich hervortretend.

Aus 83 Litern Harn wurden 2 g Substanz erhalten, welche ein ziemlich stark gefärbtes Pulver bildeten. Die Substanz war frei von präformirter Schwefelsäure.

Gegen die eiweissfällenden Reagentien verhielt sie sich wie oben beschrieben.

Beim Kochen mit Salzsäure wurde Schwefelsäure abgespalten und reducirende Substanz gebildet. Bei qualitativer Prüfung auf Phosphor wurde ein schwach positiver Ausschlag erhalten.

Der Aschengehalt war 1 Procent.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes wurden 82·9 mg der als aschenfrei berechneten, bei 110 bis 115° getrockneten Substanz gebraucht. Daraus erhielt ich 79·32 ccm Kohlensäure, 51·62 Procent Kohlenstoff entsprechend, und 9·17 ccm Stickstoff ($N_2 = 8·22$ ccm und $NO/2 = 0·95$ ccm), was 13·91 Procent Stickstoff entspricht.

Zur Bestimmung der gepaarten Schwefelsäure und des Totalschwefels wurden 0·4261 g der bei 110 bis 115° getrockneten, als aschenfrei berechneten Substanz gebraucht. Sie wurde mit Wasser und etwas Ammoniak eingeweicht, mit 10 ccm reiner Salzsäure versetzt und 4 Stunden auf dem Wasserbade erhitzt. Der Kolben, in welchem die Erhitzung geschah, war, um etwa frei gemachten Schwefelwasserstoff zurückzuhalten, mit einem Ableitungsrohr versehen, das in Kalilauge eintauchte. Nach dem Erhitzen war die Substanz bis auf einen geringfügigen braunschwarzen Rückstand gelöst.

Die Lösung wurde filtrirt, die Hauptmasse der Säure mit Ammoniak abgestumpft, und dann mit Chlorbaryum gefällt. Die erhaltene Fällung wurde gewaschen und durch Umschmelzen mit Soda gereinigt. Bei der nachherigen Ausfällung der Schwefelsäure wurden 18·9 mg Baryumsulfat erhalten, was 0·61 Procent Schwefel in der Form von gepaarter Schwefelsäure entspricht.

Das Filtrat von dem Baryumsulfat nebst dem beim Erhitzen mit der Säure ungelösten Rückstand wurde mit Kalilauge (worunter die zum Auffangen etwaigen Schwefelwasserstoffes gebrauchte), bis alles Ammoniak ausgetrieben war, erwärmt, und dann mit Kalihydrat und Salpeter geschmolzen und die Schwefelsäure bestimmt. Ich erhielt dabei (natürlich nach Abzug der im Kalihydrat befindlichen geringen Menge Schwefelsäure) 56·5 mg Baryumsulfat, was 1·82 Procent Schwefel entspricht. Der Totalschwefel war also = 1·82 Procent + 0·61 Procent (der als gepaarte Schwefelsäure vorhandene Schwefel) oder 2·43 Procent.

Im Filtrat wurde die Phosphorsäure bestimmt. Ich erhielt dabei 21·8 mg Molybdenfällung, was 0·1 Procent Phosphor entspricht.

In der Tabelle auf Seite 408 wird die Untersuchung dieser drei Präparate (durch Essigsäure unter Schütteln mit Chloroform aus dem dialysirten normalen Harn gefällt) mit den oben mitgetheilten Ergebnissen der Untersuchung der Fällung für Serumalbumin (Seite 392, Präp. V) im Filtrat von jener Fällung, und ebenso mit der Analyse des durch Essigsäure im dialysirten „schwach eiweisshaltigen" Harne ausgefällten Niederschlages (Seite 395 und 396, Präp. VI und VII) zusammengestellt.

	Nr. 1. Fällung durch Essigsäure im dialysirten normalen Harn			Nr. 2. Fällung durch Serumalbumin im Filtrat von Nr. 1.	Nr. 3. Fällung durch Essigsäure aus dem dialysirten „schwach eiweisshaltigen" Harn.	
	Präp. I.[1] %	Präp. II. %	Präp. III. %	Präp. V. %	Präp. VI. %	Präp. VII. %
Kohlenstoff . .	48·95	50·94	51·62	51·36	—	51·36
Stickstoff . . .	13·30	13·70	13·91	14·32	13·49[2]	14·13
Schwefel . . .	—	—	2·43	2·18	—	2·34
Schwefel in Form von gepaarter Schwefelsäure .	—	0·65	0·61	0·50	0·95	—
Phosphor . . .	—	0·08	0·1	0·04	—	0·2

Die zu beantwortenden Fragen sind folgende:

1) Enthält die Fällung, welche durch Essigsäure (unter Schütteln mit Chloroform) im dialysirten normalen Harn hervorgerufen wird, einen genuinen Eiweisskörper?

2) Kann diese Fällung aus einer Mucinsubstanz bestehen, oder eine nennenswerthe Menge einer solchen enthalten?

3) Welcher Eiweisskörper ist es, der hier vorliegt?

4) Ist die Verbindung des Eiweisses, welche man im Harne wiederfindet, in präformirter Form abgesondert worden?

Die erste dieser Fragen ist unbedingt zu bejahen: in der Fällung, die durch Essigsäure aus dem dialysirten Harne gebildet wird, findet sich Eiweiss vor. Ausser dem, dass sie die Farbenreactionen des Eiweisses giebt und also eine Proteïnsubstanz enthält, giebt sie auch die Fällungsreactionen des Eiweisses (vgl. Seite 404). Sie unterscheidet sich also in dieser Hinsicht von dem oben beschriebenen Harnmucoïd und von der ganzen Gruppe der Mucinsubstanzen.

Ebenso wie die qualitativen Reactionen zeigt auch die Zusammensetzung der Fällung, dass sie hauptsächlich Eiweiss enthält.

Diese, unter Nr. 1 in der Tabelle aufgeführten Präparate stimmen in ihrem Gehalt an Kohlenstoff und Stickstoff mit den unter Nr. 2 und Nr. 3 aufgeführten überein. Besonders gilt dies für die unter Nr. 1 aufgeführten Präparate II und III. Das Präparat I weicht in

[1] Ohne Schütteln mit Chloroform dargestellt und daher verhältnissmässig geringe Ausbeute und stark gefärbtes Präparat.

[2] Nach Kjeldahl-Wilfahrt bestimmt.

seiner Zusammensetzung mehr ab; dem kann jedoch keine grosse Bedeutung beigemessen werden, da die Darstellung desselben nach einer noch unvollkommenen Methode geschah. Uebrigens ist der Unterschied nicht ein solcher, dass er gegen die hauptsächliche Uebereinstimmung der angeführten Präparate spricht.

Die unter Nr. 2 aufgeführte Fällung war durch Zusatz von Serumalbumin hervorgerufen; sie enthielt also unzweifelhaft Eiweiss. Die unter Nr. 3 aufgeführten Präparate wurden aus einem schwach eiweisshaltigen Harne gewonnen. Sie zeigen mit dem unter Nr. 2 aufgeführten Präparate eine so grosse Uebereinstimmung, dass, da sie alle Chondroïtinschwefelsäure enthalten, man nicht daran zweifeln kann, dass sie Substanzen derselben Natur waren. Denselben Rückschluss kann man auch auf die unter Nr. 1 aufgeführten Präparate machen. Auch diese sind also hauptsächlich als eine Verbindung des Eiweisses mit Chondroïtinschwefelsäure zu betrachten.

Ferner geht aus ihrer Zusammensetzung hervor, dass die Fällung durch Essigsäure aus dem dialysirten normalen Harn keine nennenswerthe Menge einer Mucinsubstanz enthielt. Diese Fällung hat nämlich einen höheren Gehalt an Stickstoff, als das Harnmucoïd und die übrigen Mucinsubstanzen. Da sie ausserdem die stickstoffarme Chondroïtinschwefelsäure enthält, wie die Gegenwart von gepaarter Schwefelsäure dies zeigt, so muss natürlich der übrige Theil noch stickstoffreicher sein und sich noch mehr von den Mucinsubstanzen unterscheiden.

Ob vielleicht eine geringe Menge einer Mucinsubstanz zugegen ist, das ist natürlich eine Frage von ganz nebensächlicher Bedeutung. Eine Methode, diese Frage zu entscheiden, habe ich nicht finden können. Ich habe versucht, durch Abdampfen mit etwas Essigsäure das Eiweiss unlöslich zu machen, so dass das Harnmucoïd (wenn zugegen) durch Kochen mit Wasser ausgezogen werden könne. Dabei habe ich gesehen, dass es auf diese Weise gelingen kann, ein der Eiweissfällung beigemischtes Harnmucoïd durch Gerbsäure nachzuweisen. Ich habe ferner bei der Bearbeitung der Eiweissfällung aus dem Harne einen negativen Ausschlag erhalten, was für die Abwesenheit von Harnmucoïd spricht.

Indessen habe ich gefunden, dass die Methode insoweit unzuverlässig ist, als ein positiver Ausschlag für die Gegenwart von Harnmucoïd nicht beweisend ist. Es gelingt nämlich nicht immer, das Eiweiss in dieser Weise unlöslich zu machen, was ich bei der Untersuchung der mit Blutserum dargestellten Chondroïtinschwefelsäureverbindung bemerkt habe.

Alles, was ich gesehen habe: der eben erwähnte negative Befund,

die Vergleichung der Stärke der Reaction nach Millon mit dem Ausschlag der eiweissfällenden Reagentien in der verdünnten Lösung und schliesslich die Eigenschaften des Harnmucoïds, scheint mir für die Abwesenheit des Harnmucoïds zu sprechen.

Durch diese Auseinandersetzung habe ich auf die beiden ersten der oben gestellten Fragen die Antwort gegeben: die durch Essigsäure (nebst Chloroform) im dialysirten normalen Harn (von Männern) bewirkte Fällung enthält einen genuinen Eiweisskörper. Sie enthält dagegen keine Mucinsubstanz oder wenigstens keine nennenswerthe Menge einer solchen.[1]

Die Antwort auf die dritte Frage habe ich schon angedeutet, dass es nämlich hauptsächlich Serumalbumin ist, welches sich in der Verbindung mit Chondroïtinschwefelsäure vorfindet; dass dagegen Globulin gar nicht oder nur in geringer Menge zugegen ist. Man kann dies aus der Schwefelbestimmung schliessen. Der Schwefelgehalt des Serumglobulins ist nämlich viel geringer als der des Serumalbumins. Nach Hammarsten[2] enthält das Serumglobulin aus Pferdeblut 1·11 Procent Schwefel, während das Serumalbumin des Pferdeblutes 1·80 Procent und das aus einem Exsudate des Menschen 2·25 Procent Schwefel enthalten.

Wenn wir die Menge der Chondroïtinschwefelsäure aus der gepaarten Schwefelsäure berechnen und abziehen, so würde die übrige Substanz etwa 2·0 Procent Schwefel enthalten. Dieser Schwefelgehalt fällt zwischen den des Serumalbumins aus dem Pferdeblute und den des menschlichen Serumalbumins und ist viel höher als der des Serumglobulins. Der Gehalt an Serumglobulin kann daher nur gering gewesen sein.

Die durch Essigsäure aus dialysirtem normalen Harn bewirkte Fällung scheint (nach ihrem Gehalte an Schwefel und Stickstoff zu schliessen) an Chondroïtinschwefelsäure etwas reicher als der Niederschlag für Serumalbumin im Filtrate gewesen zu sein. Uebrigens stimmen sie in ihren Eigenschaften und ihrer Zusammensetzung so gut

[1] Ich darf vielleicht einen Versuch erwähnen, wo der Harn mit einer Lösung von typischem, nach Hammarsten dargestelltem Submaxillarismucin versetzt wurde. Der Harn war vorher gegen das Wasserleitungswasser (Gehalt an Chlor = 11 in 100000) dialysirt, mit Essigsäure (0·2 Procent) unter Schütteln mit Chloroform und dann mit Serumalbumin (unter Vermeidung eines Ueberschusses) gefällt worden. Bei Zusatz der Mucinlösung (bis zu einem Gehalt von 0·01 und 0·025 Procent Mucin) wurde die Flüssigkeit zwar etwas dickflüssig, eine Fällung setzte sich aber nicht ab. Auch nach dem Schütteln mit Chloroform, Filtriren und Waschen des Filtrums mit Wasser konnte kein Mucin auf dem Filtrum durch die Reaction von Millon nachgewiesen werden.

[2] Hammarsten, *Lehrb. d. physik. Chemie.* 1891. S. 51.

überein, dass dadurch die Einheitlichkeit ihrer Natur und die Gegenwart von Serumalbumin in beiden bestätigt wird.

Durch die mitgetheilten Untersuchungen scheint mir also die Gegenwart des Serumalbumins so sicher erwiesen zu sein, als es in diesem Falle geschehen kann, da die Darstellung desselben in unveränderter Form aus der Verbindung mit der Chondroïtinschwefelsäure und somit der Nachweis von dessen speciellen Reactionen die specifische Drehung, Coagulationstemperatur u. a.) wahrscheinlich unmöglich bleiben wird.

Dass das Serumalbumin, wenn es durch Chondroïtinschwefelsäure gebunden ist, sich anders, als das freie Serumalbumin verhält, spricht nicht gegen die Annahme, dass unzersetztes Serumalbumin sich in der Verbindung vorfindet. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass die eiweissfällenden Substanzen des Harns die Eigenschaften des Serumalbumins verändern können, ohne dass man an eine Zersetzung oder eine andere dergleichen Veränderung des Albumins denken kann. Eine solche Veränderung giebt sich durch das Ausfällen des reinen Serumalbumins beim Zusatz zum dialysirten und mit Essigsäure versetzten normalen Harne kund. Ein anderes Beispiel kann man darin sehen, dass reines Serumalbumin, welches durch Magnesiumsulfat in Substanz bei 30° gar nicht gefällt wurde, wenn es zu einem neutralen oder schwach alkalischen Harn gesetzt wurde, durch Eintragen von Magnesiumsulfat vollständig gefällt werden konnte.[1]

Ueber die Natur des Eiweisses, welches in geringer Menge mit Nucleïnsäure verbunden vorkommt, kann man natürlich nichts Besonderes aussagen.

Dass das von mir im normalen Harne nachgewiesene Eiweiss kein Zersetzungsproduct einer Mucinsubstanz ist, muss ich vielleicht be-

---

[1] Nach dem Versetzen eines neutralisirten oder ganz schwach alkalischen Harns mit reinem Serumalbumin bis 0·06 Procent, war dieses durch Eintragen von Magnesiumsulfat vollständig fällbar. Noch bei einem Gehalte von 0·17 Procent Serumalbumin wurde es zum grössten Theil durch Magnesiumsulfat gefällt. Noch deutlicher trat dies in einem pathologischen Harne (Phosphorvergiftung) hervor. Noch bei einem Gehalte von 0·35 Procent Serumalbumin wurde dieses bei neutraler Reaction durch Magnesiumsulfat vollständig herausgefällt; bei einem Gehalte von 0·55 Procent Serumalbumin blieb eine geringe Menge des Albumins im Filtrate.

In Vergleichsversuchen, wo ich neutrales Ammoniumsulfat bis zur halben Sättigung (bei 20°) zusetzte, wurde das Albumin zwar gefällt, aber nie so vollständig, als durch das Magnesiumsulfat.

Für die Bestimmung des Globulins im Harne bieten diese Beobachtungen natürlich Interesse dar.

sonders hervorheben. Es ist nämlich von Malfatti[1] die Annahme ausgesprochen worden, dass Eiweissreactionen, welche man im normalen Harne oder in der Lösung eines aus demselben dargestellten Präparates erhält (wie die Reaction mit Essigsäure oder Ferrocyankalium), ihren Grund darin haben, dass eine Mucinsubstanz des Harns zersetzt und ein Eiweisskörper dabei freigemacht wurde. Dieser würde als coagulirtes Eiweiss oder in der Eorm eines Albuminates auftreten.

Die im Harne vorkommende Mucinsubstanz, das Harnmucoïd, habe ich schon beschrieben. Präformirt kommt es ungelöst im Harne vor. Durch Auflösen mit Ammoniak wird es in einer durch Essigsäure fällbaren Form übergeführt; durch Erwärmen der Lösung wird es in Wasser auch bei der Gegenwart von Essigsäure löslich. Ein Abspalten von Eiweiss durch Erwärmen mit Salzsäure oder durch lang dauerndes Erwärmen mit Wasser ist zwar möglich, geschieht jedoch nicht leicht. Auf Grund meiner Kenntniss von dem Harnmucoïd kann ich es entschieden verneinen, dass eine Abspaltung von Eiweiss durch das zur Darstellung der oben beschriebenen Eiweissfällung aus dem Harn benutzte Verfahren (Filtration, Dialyse bei der Gegenwart von Chloroform oder Thymol, Fällen durch Essigsäure 0·1 bis 0·2 Procent unter Schütteln mit Chloroform) geschehe.

Die vierte Frage, welche aufgestellt wurde, war die, ob der gefundene Eiweisskörper, d. h. (hauptsächlich) das Serumalbumin, als solcher oder in schon gebundener Form abgesondert wird.

Ich betrachte es als sehr wahrscheinlich oder fast sicher, dass das Serumalbumin in freier Form abgesondert wird, oder mit anderen Worten, dass die Absonderung des Eiweisses und die der Chondroïtinschwefelsäure zwei verschiedene, von einander unabhängige Processe sind.

Ich will dies durch folgende Auseinandersetzung begründen.

Die Menge der Chondroïtinschwefelsäure, welche ich bei der Untersuchung der Rindernieren wiederfand, war ganz gering. Wenn man einen Uebergang einer präformirten Eiweissverbindung derselben (eines „Chondro-Albumins") im Harn annähme, so wäre wohl diese Verbindung von den Nieren herzuleiten, da die Chondroïtinschwefelsäure im Blute vermisst wurde. Es wäre dann schwer zu verstehen, weshalb eben dieser Theil der Nierensubstanz, welcher sich in so geringer Menge vorfindet, mit dem Harne abgesondert wird.

Die im Harne wiedergefundene Eiweissverbindung der Chondroïtin-

---

[1] Malfatti, *Internationales Centralblatt f. d. Physiol. u. Pathol. d. Harn- u. Sexualorgane.* 1890. Bd. I, S. 76 u. 441.

schwefelsäure war nicht immer völlig gleich. Eine Verschiedenheit in Fällbarkeit und Löslichkeit in einem Ueberschuss der Säure, eine verschiedene Löslichkeit nach dem Erhitzen und gewissermassen eine etwas verschiedene Zusammensetzung wurden beobachtet. Ich habe diese Verschiedenheiten als das Zeichen einer verschiedenen relativen Menge des Eiweisses und der Chondroïtinschwefelsäure gedeutet. Jedenfalls sprechen sie gegen die Annahme eines präformirten „Chondro-Albumins".

Ferner spricht die regelmässige Gegenwart ungebundener Chondroïtinschwefelsäure im Harn gegen die Annahme, dass eine präformirte Verbindung abgesondert wird. Wie wäre es dann zu erklären, dass ein Theil der Säure als eine präformirte Eiweissverbindung und ein anderer Theil in freier Form oder als Salz ausgeschieden werden? Ein Mangel an Eiweiss in den Nieren kann ja nicht angenommen werden.

Ich sehe es deshalb als sehr wahrscheinlich an, dass die Absonderung des Eiweisses (hauptsächlich aus Serumalbumin bestehend) und der Chondroïtinschwefelsäure zwei verschiedene Processe darstellen, welche unabhängig von einander verlaufen.

Dass die Eiweissverbindung der Taurocholsäure, wo eine solche wiedergefunden wird, nicht als präformirt abgesondert angesehen werden darf, ist von selbst einleuchtend.

In Betreff der Eiweissverbindung der Nucleïnsäure ist die Frage schwieriger zu entscheiden; dies ist aber auch von geringer Bedeutung, da die Menge desselben eine relativ kleine ist. Wo man sonst Eiweissverbindungen der Nucleïnsäure, sogenannten „Nucleoproteïden", begegnet, verhalten sie sich als präformirte Verbindungen und werden auch so aufgefasst. Es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, dass dies auch für den Harn gültig ist. Was die Sache jedoch etwas zweifelhaft macht, ist der Umstand, dass die Nucleïnsäure in dem Harn auch in freier Form oder als Salz vorzukommen scheint.

Ist das Eiweiss ein constanter Bestandtheil des normalen Menschenharns?

Um diese Frage zu entscheiden, habe ich kleinere Harnproben von mehreren erwachsenen Personen, sowohl Männern als Weibern, untersucht. Die Harnproben der Weiber wurden durch Catheter entleert. Den Harn von jungen Personen zu untersuchen, habe ich keine Gelegenheit gehabt.

Da ich bei der Untersuchung des normalen Harns stets Chondroïtinschwefelsäure wiederfand, war zu erwarten, dass etwa vorhandenes Eiweiss durch Essigsäure nebst Chloroform abgeschieden werden konnte. Ich habe auch diesen Weg befolgt.

Der Harn wurde (zur Conservirung) über Chloroform gesammelt. Der gut filtrirte Harn wurde durch die Probe nach Heller in der oben (Seite 402) angegebenen Weise untersucht. Wenn der Harn nicht im gewöhnlichen Sinne „eiweissfrei" war, wurde er nicht bearbeitet.

Der Harn wurde dann dialysirt, durch Zusatz von Essigsäure bis 0·1 bis 0·2 Procent und Schütteln mit Chloroform gefällt. Die Fällung wurde gewöhnlich durch Auflösen in Wasser mit etwas Ammoniak, Zusatz von einigen Volumen Weingeist und Fällen durch Essigsäure gereinigt. Zur weiteren Untersuchung wurde sie in Wasser mit nur sehr wenig Ammoniak gelöst.

Diese Methode hat in der von Plósz[1] gebrauchten ihr Vorbild. Er hat den (nicht dialysirten) Harn durch Essigsäure stark sauer gemacht und durch Schütteln mit Aether, Chloroform oder Amylalkohol gefällt.

Die schliessliche Prüfung auf Eiweiss habe ich theils durch die Farbenreactionen und theils durch die Fällungsreactionen des Eiweisses ausgeführt. Der Ausschlag war durchgehends positiv. Nur in einer der Harnproben von Weibern war der Ausschlag so schwach, dass er als kaum deutlich bezeichnet werden darf.

Da die Einzelheiten der Untersuchungen nicht ohne Interesse sind, werde ich sie vorlegen.

In einer Versuchsreihe wurde der Harn von erwachsenen Männern durch die Fällungsreactionen des Eiweisses untersucht. Jede Harnprobe betrug etwa 1 Liter. Die Personen wurden aufgefordert, bei jeder Harnentleerung das zuerst Gelassene wegzugiessen. Unter 24 eingesammelten Proben waren drei nicht im gewöhnlichen Sinne eiweissfrei. Die Untersuchung von einer Probe wurde durch Bakterienentwickelung vereitelt. Die in der oben angegebenen Weise erhaltene und gereinigte Fällung (im Folgenden als „Eiweissfällung" bezeichnet) wurde in Wasser unter Zusatz einiger Tropfen Ammoniak von 0·1 Procent gelöst. Die filtrirte Lösung betrug etwa 10 bis 20 ccm.

Nr. 1. Mann, 26 Jahre alt. Der Harn neutral. Eigengew. = 1·027.[2] Die Probe nach Heller gab weder im unverdünnten, noch im verdünnten Harne einen Eiweissring.

Die Lösung der erhaltenen Eiweissfällung gab eine schöne Millon'sche Reaction. Die Probe nach Heller gab einen starken Eiweissring dicht bei der Salpetersäure und eine etwas diffuse Trübung etwa $^1/_2$ cm höher. Mit Essigsäure bis zu schwacher Opalescenz und Kochsalzlösung versetzt, gab sie beim Kochen eine Trübung, aber keine Fällung.

[1] P. Plósz, *Owosi hetilap.* 1890. Separatabzug.

[2] In Betreff des Eigengewichtes der Harnproben ist zu bemerken, dass das im Harn gelöste Chloroform dasselbe einen oder ein paar Grade zu hoch ausfallen liess.

Die Fällung durch Essigsäure war in einem Ueberschuss schwer löslich. Diese Lösung gab mit Ferrocyankalium (in geringer Menge zugesetzt), Metaphosphorsäure, Sulfosalicylsäure, Trichloressigsäure, dem Reagens von Esbach (Pikrinsäure + Citronensäure) und Quecksilberjodid-Jodkalium eine Fällung oder eine Trübung.

Nr. 2. Mann, 21 Jahre alt. Der Harn schwach sauer. Eigengewicht = 1·030. Die Probe nach Heller gab eine schwache Trübung etwas oberhalb der Salpetersäure; im verdünnten Harne keine Trübung.

Die Lösung der erhaltenen Eiweissfällung gab mit Millon's Reagens eine Fällung, welche beim Kochen roth wurde. Die Probe nach Heller gab einen starken Eiweissring bei der Salpetersäure und einen anderen Ring $^1/_2$ cm höher. Nach dem Zusatz von Essigsäure bis zu schwacher Opalescenz (die Reaction war dann ziemlich stark sauer) gab sie beim Kochen eine Trübung, aber keine Fällung.

Die Lösung in ein wenig Salzsäure gab mit Ferrocyankalium eine reichliche Fällung.

In überschüssiger Essigsäure war die Fällung ziemlich leicht löslich. Diese Lösung wurde durch Ferrocyankalium, Metaphosphorsäure und Sulfosalicylsäure stark getrübt. Trichloressigsäure gab keine Trübung.

Nr. 3. Mann, 20 Jahre alt. Der Harn von amphotärer Reaction. Eigengewicht = 1·030. Die Probe nach Heller gab keinen Eiweissring (Krystalle von Harnsäure wurden abgeschieden); aus dem verdünnten Harn wurden auch allmählich Krystalle der Harnsäure abgeschieden; sonst keine Trübung.

Die Lösung der erhaltenen Eiweissfällung gab schöne Millon'sche Reaction. Die Probe nach Heller gab einen starken Eiweissring dicht bei der Salpetersäure und einen anderen Ring $^1/_2$ cm höher.

Die Lösung in einem geringen Ueberschuss von Salzsäure gab eine reichliche Fällung mit Ferrocyankalium, dem Reagens von Esbach und Quecksilberjodid-Jodkalium. Metaphosphorsäure und Sulfosalicylsäure gaben eine starke Trübung.

In überschüssiger Essigsäure war die Fällung schwer löslich. Die Lösung gab mit (ein wenig) Ferrocyankalium und mit Quecksilberjodid-Jodkalium eine reichliche flockige Fällung.

Nr. 4. Mann, 26 Jahre alt. Der Harn schwach sauer. Eigengewicht = 1·029. Bei der Probe nach Heller entstand eine schwache diffuse Trübung etwas über der Salpetersäure; daselbst wurden dann Krystalle der Harnsäure ausgeschieden. Im verdünnten Harn entstand keine Trübung.

Die erhaltene Eiweissfällung verhielt sich wie im Falle Nr. 3. Auch durch Sublimat nebst Kochsalz wurde die Lösung in Salzsäure gefällt.

Nr. 5. Mann, 26 Jahre alt. Der Harn sauer. Eigengewicht = 1·021. Die Probe nach Heller gab keine Trübung bei der Salpetersäure; etwa 1 cm höher oben eine schwache Trübung. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösung der erhaltenen Eiweissfällung gab nach Zusatz von Essigsäure, bis schwache Opalescenz auftrat (die Reaction war dann ziemlich stark sauer), und von dem gleichen Volumen gesättigter Kochsalzlösung beim Kochen eine Trübung, aber keine Fällung; nach dem Erkalten war die Lösung unverändert.

Bei den unter Nr. 3 angeführten Reactionen gaben die Lösungen reichliche Fällungen. Auch durch Sublimat nebst Kochsalz wurde die Lösung in Salzsäure gefällt.

Nr. 6. Mann, 23 Jahre alt. Der Harn mässig sauer. Eigengewicht = 1·023. Bei der Probe nach Heller wurde bald ein oberer Ring erhalten; darunter entstand dann (nach 20 Minuten) eine schwache Trübung mit Krystallen von Harnsäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn gab einen schwachen oberen Ring, aber keinen Eiweissring.

Die Lösung der Eiweissfällung wurde nach Zusatz von Essigsäure (zur schwachen Opalescenz und ziemlich stark sauren Reaction) beim Kochen gefällt.

Im Uebrigen verhielten sich die Lösungen wie im Falle Nr. 5.

Nr. 7. Mann, 22 Jahre alt. Der Harn von amphotärer Reaction. Bei der Probe nach Heller gab der Harn einen schwachen Ring 1 cm oberhalb der Salpetersäure, und allmählich (in 30 Minuten) eine schwache Trübung unter demselben, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn wurde gar nicht getrübt.

Die Lösungen der Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 3. Auch Sublimat nebst Salzsäure und Kochsalz gab eine Trübung.

Nr. 8. Mann, 23 Jahre alt. Der Harn neutral. Die Probe nach Heller gab eine diffuse Trübung etwa 1 cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring; der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösung der erhaltenen Eiweissfällung gab nach Zusatz von Essigsäure bis zu saurer Reaction (noch keine Opalescenz) nebst dem gleichen Volumen gesättigter Kochsalzlösung beim Kochen zwar eine Trübung, aber keine Fällung.

Im Uebrigen verhielten sich die Lösungen derselben wie im Falle Nr. 3.

Nr. 9. Mann, 22 Jahre alt. Der Harn neutral; Eigengewicht = 1·029. Die Probe nach Heller gab weder im unverdünnten, noch im verdünnten Harne eine Trübung.

Die Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 3.

Nr. 10. Mann, 22 Jahre alt. Die Filtration des Harns ging sehr langsam von Statten, da das Filtrum durch eine schleimige Substanz verstopft wurde. Die Reaction war mässig sauer. Eigengewicht = 1·028. Die Probe nach Heller gab eine diffuse Trübung etwa 1 cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung verhielten sich fast ebenso, wie im Falle Nr. 3.

Nr. 11. Mann, 22 Jahre alt. Der Harn neutral; Eigengewicht = 1·022. Die Probe nach Heller gab einen schwachen Ring etwa 1 cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring; der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung gaben die im Falle Nr. 3 angeführten Reactionen, wurden jedoch etwas stärker gefällt. Auch Sublimat gab bei der Gegenwart von Salzsäure und Kochsalz eine Trübung.

Nr. 12. Mann, 42 Jahre alt. Der Harn sauer, Eigengewicht = 1·023. Die Probe nach Heller gab sowohl im unverdünnten wie im verdünnten Harne eine schwache diffuse Trübung etwas oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring.

Die Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 7.

Nr. 13. Mann, 24 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1·025. Die Probe nach Heller gab eine diffuse Trübung ca. 1 cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring; der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 7.

Nr. 14. Mann, 21 Jahre alt. Der Harn ziemlich stark sauer. Eigengewicht = 1·024. Die Probe nach Heller gab eine schwache obere Trübung, aber keinen Eiweissring; der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösung in Essigsäure wurde nicht untersucht. Die übrigen Lösungen der erhaltenen Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 7.

Nr. 15. Mann, 23 Jahre alt. Der Harn ziemlich stark sauer. Eigengewicht = 1·033 (Zucker war nicht zugegen). Die Probe nach Heller gab keine Trübung; der verdünnte Harn gab eine schwache obere Trübung.

Bei der Ausführung der im Falle Nr. 7 erwähnten Reactionen war das Ergebniss sehr stark positiv.

Nr. 16. Mann, 21 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1·030. Bei der Ausführung der Probe nach Heller setzten sich Krystalle der Harnsäure ab; sonst war keine Trübung bemerkbar; der verdünnte Harn gab keine Trübung.

Die Lösungen der Eiweissfällung gaben starke Eiweissreactionen, wie im vorigen Falle.

Nr. 17. Mann, 23 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1·030. Bei der Probe nach Heller wurden Krystalle der Harnsäure abgesetzt, aber kein Eiweissring gebildet; der verdünnte Harn gab eine schwache diffuse Trübung 1 bis 2 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure.

Die Lösungen der Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 5.

Nr. 18. Mann, 21 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1·030. Die Probe nach Heller gab gar keine Trübung; im verdünnten Harn entstand eine ganz schwache Trübung 1 bis 2 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure.

Die Lösungen der Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 7.

Nr. 19. Mann, 53 Jahre alt. Der Harn neutral; Eigengewicht = 1·025. Die Probe nach Heller gab gar keine Trübung; der verdünnte Harn gab eine ganz schwache Trübung einige Centimeter oberhalb der Salpetersäure.

Die Lösungen der Eiweissfällung verhielten sich fast wie im Falle Nr. 7. Der Ausschlag der Reactionen war jedoch etwas schwächer als in diesem Falle.

Nr. 20. Mann, 40 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1·021. Die Probe nach Heller gab eine schwache diffuse Trübung 1 bis 2 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure; ebenso im verdünnten Harne.

Die Lösungen der Eiweissfällung verhielten sich wie im Falle Nr. 7.

In allen diesen 20 Harnproben habe ich also bei der Untersuchung der durch Essigsäure (unter Schütteln mit Chloroform) im dialysirten Harne bewirkten Fällungen starke und unzweideutige Reactionen eines genuinen Eiweisskörpers erhalten. Zu diesen Versuchen wurden jedoch nur solche Harnproben verwendet, welche man nach dem Ausschlage der Heller'schen Probe als eiweissfrei erklären würde.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass es die Regel ist, dass der Harn von erwachsenen Männern Eiweiss enthält.

In einer anderen Reihe wurde die Menge der Fällungen aus dem Harn erwachsener Männer bestimmt. Es wurde der Morgenharn von erwachsenen Männern gesammelt, wobei der bei jeder Harnentleerung zuerst gelassene Harn weggegossen wurde. Die Harnproben, eine (Nr. 23) ausgenommen, erwiesen sich bei der Prüfung nach Heller als im gewöhnlichen Sinne eiweissfrei. Der Harn wurde dialysirt, mit Essigsäure (bis 0·2 Procent) unter Schütteln mit Chloroform gefällt. Diese Fällung wurde in Wasser mit ein wenig Ammoniak gelöst, mit Salzsäure bis zum Wiederauflösen der Fällung versetzt und 12 bis 24 Stunden bei etwa 0° aufbewahrt; eine Ausscheidung von Harnsäure war jedoch dabei nie zu sehen. Die Lösung wurde dann neutralisirt, mit Essigsäure bis 0·2 Procent versetzt und mit Chloroform geschüttelt. Die dann ausgeschiedene Fällung wurde auf einem gewogenen Filtrum gesammelt, mit Essigsäure (0·1 Procent), dann mit Weingeist und zuletzt mit Aether gewaschen, dann getrocknet und gewogen. In den drei ersten Versuchen wurde die Fällung zur Aschenbestimmung verwendet. Die Aschenmenge war gering (0·5 bis 0·7 mg). In einigen der übrigen wurde die Proteïnnatur der Fällung durch Millon's Reaction festgestellt.[1] Ein Theil des Filtrums mit der Fällung wurde in etwas Wasser niedergeführt, das Reagens zugesetzt und gekocht: die Fällung wurde dabei schön roth gefärbt. Auch wurde die Lösung der Fällung durch die Biuretprobe und die Probe von Adamkiewicz untersucht und zwar mit positivem Ergebniss. Uebrigens wurden die Fällungen zur Prüfung auf gepaarte Schwefelsäure, reducirende Substanz, Phosphor und Gallensäuren verwendet, worüber schon früher berichtet wurde.

Das Filtrat von der Fällung durch Essigsäure im dialysirten Harne wurde mit reinem Serumalbumin (0·24 g für je 1 Liter) gefällt. Diese Fällung wurde durch Lösen in Wasser und etwas Ammoniak und Fällen durch Essigsäure gereinigt. Sie wurde dann auf ein gewogenes Filtrum gesammelt, mit Essigsäure (0·1 Procent), dann mit Weingeist und zuletzt mit Aether gewaschen, getrocknet und gewogen. In den drei ersten Versuchen wurde die Asche bestimmt; sie war gering (0·1 bis 0·7 mg). In den übrigen Versuchen wurde die Fällung, wie vorher berichtet, auf gepaarte Schwefelsäure, reducirende Substanz, Phosphor und Gallensäuren geprüft.

Die Ergebnisse der quantitativen Bestimmungen finden sich in der folgenden Tabelle wieder.

---

[1] Dies geschah auch bei mehreren anderen Versuchen, wo die Fällung nicht gewogen wurde.

	I. Fällung durch Essigsäure nebst Chloroform. Aus 1 Liter Harn g	II. Fällung durch Serumalbumin. Filtrate. Aus 1 Liter Harn g	III. Summe von I. u. II. Aus 1 Liter Harn g
Nr. 21. Mann, 39 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1·019. Die Probe nach Heller gab eine Trübung etwas oberhalb der Salpetersäure; dort wurden dann Krystalle der Harnsäure ausgeschieden. Kein Eiweissring. Im verdünnten Harn eine schwache Trübung etwa 1 cm oberhalb der Salpetersäure.	0·028	0·045	0·073
Nr. 22. Mann, 27 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1·025. Die Probe nach Heller gab allmählich eine schwache Trübung $^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.	0·031	0·056	0·087
Nr. 23. Mann, 23 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1·023. Die Probe nach Heller gab allmählich einen schwachen, aber deutlichen Eiweissring und einen anderen Ring etwa 1 cm oberhalb desselben. Der verdünnte Harn gab eine schwache Trübung 1 bis 2 cm oberhalb der Salpetersäure.	0·026	0·032	0·058
Nr. 24. Mann, 25 Jahre alt. Der Harn schwach sauer; Eigengewicht = 1·029. Die Probe nach Heller gab eine schwache Trübung $^1/_2$ bis 1 cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.	0·069	0·046	0·115
Nr. 25. Mann, 27 Jahre alt. Der Harn schwach sauer; Eigengewicht = 1·020. Die Probe nach Heller gab eine schwache Trübung $^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn gab gar keine Trübung.	0·040	0·059	0·099
Nr. 26. Mann, 25 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1·023. Die Probe nach Heller gab gar keine Trübung.	0·035	0·073	0·108
Nr. 27. Mann, 21 Jahre alt. Der Harn stark sauer; Eigengewicht = 1·031. Die Probe nach Heller gab eine schwache Trübung etwa $^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure. Der verdünnte Harn gab bei der Probe eine schwache Trübung 2 cm oberhalb der Salpetersäure.	0·089	0·066	0·155
Nr. 28. Mann, 21 Jahre alt. Der Harn schwach sauer; Eigengewicht = 1·017. Bei der Probe nach Heller entstand allmählich eine schwache Trübung dicht oberhalb der Salpetersäure, aber kein begrenzter Eiweissring. Im verdünnten Harne entstand gar keine Trübung.	0·034	0·051	0·085

	I. Fällung durch Essigsäure nebst Chloroform. Aus 1 Liter Harn g	II. Fällung durch Serumalbumin i. Filtrate. Aus 1 Liter Harn g	III. Summe von I. u. II. Aus 1 Liter Harn g
Nr. 29. Mann, 41 Jahre alt. Der Harn schwach sauer; Eigengewicht = 1·021. Bei der Probe nach Heller entstand allmählich eine Trübung dicht oberhalb der Salpetersäure, aber kein begrenzter Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.	0·033	0·056	0·089
Nr. 30. Mann, 25 Jahre alt. Der Harn sauer; Eigengewicht = 1·021. Bei der Probe nach Heller gab der Harn eine schwache Trübung $^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn gab gar keine Trübung.	0·025	0·054	0·079

Die in der Spalte I aufgeführten Werthe geben, soweit es durch diese Methode geschehen kann, eine Vorstellung von der Menge des Eiweisses. Diese war offenbar ziemlich schwankend. Eine Regel für diese Schwankungen ist nicht zu sehen, wo nicht vielleicht die, dass eine höhere Eiweissmenge bei einem höheren Eigengewicht des Harns gefunden wurde. Zu bemerken ist, dass der Harn (Nr. 23), in welchem die Probe nach Heller einen deutlichen, wenn auch schwachen Ausschlag gab, fast den niedrigsten Werth gab.

Die zweite Spalte, deren Werthe ein Ausdruck für den Theil der eiweissfällenden Substanzen sind, welcher nicht in der ersten Fällung enthalten war, bietet etwas geringere Schwankungen dar. Der Harn Nr. 23, in welchem das Eiweiss durch die Probe nach Heller nachgewiesen werden konnte, gab den niedrigsten Werth.

Die dritte Spalte, in welcher die ganze Menge der eiweissfällenden Substanzen ihren Ausdruck (durch die ganze zu erhaltende Eiweissfällung) findet, hat auch ziemlich schwankende Werthe aufzuweisen. Der Harn Nr. 23, welcher sich bei der Probe nach Heller als eiweisshaltig erwies, gab den niedrigsten Werth. Der Ausschlag der Probe nach Heller scheint hierbei nicht die Eiweissmenge anzugeben, sondern eher den Grad anzuzeigen, in welchem die Fällbarkeit des Eiweisses durch die eiweissfällenden Substanzen beeinflusst wird.

In den folgenden Versuchen wurde der durch Catheter entleerte Harn von Weibern untersucht. Gegen die Verwendung von Harn der Männer zur Entscheidung der Frage über das Vorkommen von Eiweiss im normalen Harn hat nämlich Plòsz eingewendet, dass dieser Harn bei der Passage durch die Harnröhre mit eiweisshaltigen Secreten vermischt werden kann. Er giebt sogar an, dass solches Secret in die Blase hineindringen kann. Er hebt daher als wünschenswerth hervor, dass die Untersuchung auf den Harn von Weibern ausgedehnt wird. Um einer Beimischung des Schleimes der Vulva zuvorzukommen, muss dieser Harn durch Catheter entleert werden. Plòsz hat keine dergleichen Versuche veröffentlicht.

Durch die Freundlichkeit eines Collegen wurde es mir möglich, den durch Catheter entleerten Harn von Weibern zu untersuchen, welche entweder mit gar keiner Krankheit, oder wenigstens keiner solchen behaftet waren, von der man einen Einfluss auf den Eiweissgehalt des Harnes erwarten konnte. Die Harnmenge, welche erhalten wurde, war natürlich ziemlich klein, da nur einzelne Harnproben gesammelt werden konnten.

Unter 28 Harnproben gaben 6 positiven Ausschlag bei der Eiweissprobe nach Heller; in einigen derselben war der Ausschlag freilich ganz schwach; alle diese sechs Proben wurden jedoch von der Untersuchung ausgeschlossen.

Die gut filtrirten Proben wurden dialysirt, mit Essigsäure (bis 0·1 bis 0·15 Procent) und mit Chloroform versetzt, und im Laufe von einigen Tagen mehrmals kräftig geschüttelt. Die erhaltenen Fällungen wurden in den ersten Versuchen durch die Farbenreactionen des Eiweisses untersucht; in einer zweiten Reihe wurden auch die Fällungsreactionen des Eiweisses angewendet. Der Ausschlag war stets positiv. Nur in einem verdünnten Harne (Eigengewicht 1·010; 150 ccm) fielen die Reactionen so schwach aus, dass der Ausschlag als kaum deutlich angesehen werden kann.

Im Folgenden werden die Einzelheiten der Untersuchung mitgetheilt. Die Aufzeichnungen des Arztes werden beigefügt.

In den ersten 8 Versuchen wurden die Fällungen mit ein wenig Wasser, mit Weingeist und mit Aether gewaschen und dann durch die Reaction von Millon untersucht: ein Theil des Filtrums sammt der Fällung wurde in etwas Wasser eingetaucht, das Reagens zugesetzt und gekocht. Die Fällung wurde dann schön roth gefärbt. Zur Ausführung der Biuretprobe wurde ein Theil der Fällung in etwas Wasser mit ein wenig Natronlauge gelöst, Kupfersulfat zugesetzt und dann filtrirt.

Nr. 1. Das Weib 39 Jahre alt. „Hysterisch, chronischer Uterinkatarrh, unregelmässige Blutungen."

Der Harn mässig stark gefärbt, schwach sauer. Die Probe nach Heller gab eine Trübung 1 bis 2 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die aus 325 ^{ccm} des Harns erhaltene Fällung gab eine schöne Reaction nach Millon und auch die Biuretprobe.

Nr. 2. Das Weib 30 Jahre alt. „Gesund; fragt wegen Sterilität." Der Harn von gewöhnlicher Farbe, ziemlich stark sauer. Bei der Probe nach Heller entstand gar keine Trübung. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Der aus 45 ^{ccm} erhaltene Niederschlag war gering; gab eine schwache, aber völlig deutliche Farbe bei der Reaction nach Millon.

Nr. 3. „Die Patientin ohne andere als rein nervöse Symptome." Der Harn von mässig starker Farbe; die Reaction amphotär. Eigengewicht = 1·028. Bei der Probe nach Heller wurde ein starker Uratring, aber kein Eiweissring erhalten. Im verdünnten Harn entstand eine Trübung 1 bis 2 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring wurde erhalten.

Die aus 95 ^{ccm} erhaltene Fällung gab eine schöne Reaction nach Millon.

Nr. 4. Das Weib 22 Jahre alt. „Nichts Abnormes." Der Harn von gewöhnlicher Farbe, schwach alkalisch. Eigengewicht = 1·022. Bei der Probe nach Heller entstand eine Trübung 1 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die aus 250 ^{cm} erhaltene Fällung gab eine schöne Reaction nach Millon und auch die Biuretprobe.

Nr. 5. Das Weib 44 Jahre alt. „Chronische Endometritis." Der Harn von normaler Farbe, die Reaction sauer. Eigengewicht = 1·022. Bei der Probe nach Heller wurde gar keine Trübung erhalten.

Die aus 70 ^{ccm} des Harns erhaltene Fällung gab eine schwache, aber sehr deutliche Reaction nach Millon.

Nr. 6. Das Weib 40 Jahre alt. „Chronische Endometritis." Der Harn von normaler Farbe; die Reaction ziemlich stark sauer. Eigengewicht = 1·023. Bei der Probe nach Heller entstand ein Uratring, aber kein Eiweissring. Auch im verdünnten Harn entstand kein Eiweissring.

Die aus 130 ^{ccm} des Harns erhaltene Fällung gab eine schwache, aber deutliche Reaction nach Millon.

Nr. 7. Das Weib 44 Jahre alt. „Chronischer Uterinkatarrh." Der Harn von normaler Farbe; die Reaction ziemlich stark sauer. Eigengewicht = 1·011. Die Probe nach Heller gab gar keine Trübung.

Die aus 100 ^{ccm} des Harns erhaltene Fällung gab eine deutliche, obgleich schwache Reaction nach Millon.

Nr. 8. Das Weib 23 Jahre alt. „Endometritis chronica, perimetritis bilateralis." Der Harn von gewöhnlicher Farbe; die Reaction neutral. Eigengewicht = 1·017. Bei der Probe nach Heller wurde eine Trübung etwa $\frac{1}{2}$ ^{cm} oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring erhalten. Auch im verdünnten Harn entstand eine schwache Trübung 1 bis 2 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure.

Die aus 130 ^{ccm} erhaltene Fällung gab eine schöne, aber nicht starke Reaction nach Millon.

In den folgenden Versuchen kamen die Fällungsreactionen des Eiweisses zur Verwendung. In den ersten drei Versuchen wurde die durch Essigsäure (bis 0·01 bis 0·15 Procent) unter Schütteln mit Chloroform im dialysirten Harne bewirkte Fällung in Wasser mit etwas Ammoniak gelöst, mit einigen Volumen Weingeist versetzt und durch Essigsäure gefällt. Da ich einen Verlust durch das Wiederauflösen und Fällen befürchtete, wurden in den folgenden Versuchen die Fällungen nach dem Waschen mit Weingeist und Aether zur Untersuchung verwendet. Die Fällungen wurden in einigen wenigen Cubikcentimetern Wasser unter Zusatz von einigen Tropfen Ammoniak (0·1 Procent) gelöst.

Nr. 9. Das Weib 30 Jahre alt. „Endometritis chronica." Der Harn ziemlich blass; die Reaction stark sauer. Eigengewicht = 1·019. Bei der Probe nach Heller entstand eine Trübung etwa 1 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösung der aus 130 ^{ccm} erhaltenen Fällung gab mit Millon's Reagens eine Fällung, die beim Kochen roth wurde. Die Probe nach Heller gab sogleich einen Eiweissring dicht bei der Salpetersäure und einen oberen Ring; sie fliessen allmählich zusammen.

In einem Ueberschuss von Salzsäure war die Fällung schwer löslich. Die Lösung gab mit Ferrocyankalium, mit dem Reagens von Esbach, und mit Quecksilberjodid-Jodkalium eine Trübung und später eine flockige Fällung.

Durch Zusatz von Essigsäure (25 Procent) wurde keine klare Lösung erhalten.

Nr. 10. Das Weib 41 Jahre alt. „Endometritis chronica." Der Harn von blasser Farbe; die Reaction schwach sauer; Eigengewicht = 1·013. Bei der Probe nach Heller wurde eine schwache Trübung 1 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring erhalten. Ebenso im verdünnten Harn.

Die Lösungen der aus 120 ^{ccm} erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9.

Nr. 11. Das Weib 44 Jahre alt. „Endometritis chronica." Der Harn von blasser Farbe, sauer. Eigengewicht = 1·021. Er war reich an Uraten, die in der Kälte abgeschieden wurden. Bei der Probe nach Heller gab er eine schwache Trübung 1 ^{cm} oberhalb der Salpetersäure, aber keinen Eiweissring. Der verdünnte Harn gab keine Trübung.

Die Lösungen der aus 225 ^{ccm} erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9.

Nr. 12. Das Weib 19 Jahre alt. „Keine nachweisbare Krankheit." Der Harn von blasser Farbe; die Reaction neutral; Eigengewicht = 1·010. Die Probe nach Heller gab gar keine Trübung.

Die Lösungen der aus 200 ^{ccm} erhaltenen Fällung gaben die Eiweissreactionen wie im Falle Nr. 9, jedoch schwächer. Auch die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium getrübt.

Nr. 13. „Nichts Abnormes." Der Harn von ziemlich starker Farbe; stark sauer; Eigengewicht = 1·019; reich an Uraten, welche durch Abkühlen entfernt wurden. Bei der Probe nach Heller wurde eine schwache Trübung

$^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring erhalten. Der verdünnte Harn verhielt sich in derselben Weise.

Die Lösungen der aus 160 ccm erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9. Auch die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium getrübt, und später entstand eine feinflockige Fällung.

Nr. 14. Das Weib 27 Jahre alt. „Dysmenorrhoe." Der Harn von blasser Farbe, sauer; Eigengewicht = 1·016. Bei der Probe nach Heller wurde eine diffuse Trübung $^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring erhalten. Der verdünnte Harn verhielt sich in ähnlicher Weise.

Die Lösungen der aus 140 ccm erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9. Auch die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium getrübt.

Nr. 15. Das Weib 42 Jahre alt. „Endometritis chronica." Der Harn ziemlich stark gefärbt; sauer; Eigengewicht = 1·023. Bei der Probe nach Heller wurde eine schwache diffuse Trübung $^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring erhalten. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der aus 55 ccm des Harns erhaltenen Fällung verhielten sich fast wie im Falle Nr. 9; die Reactionen fielen jedoch schwächer aus.

Nr. 16. Das Weib 30 Jahre alt. „Endometritis." Der Harn ziemlich stark gefärbt, schwach sauer; Eigengewicht = 1·014. Bei der Probe nach Heller entstand bald eine Trübung etwa 1 cm oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich in ähnlicher Weise.

Die Lösungen der aus 140 ccm erhaltenen Fällung gaben die unter Nr. 9 angeführten Reactionen, wenn auch etwas schwächer. Auch die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium und durch Quecksilberjodid-Jodkalium getrübt.

Nr. 17. Das Weib 50 Jahre alt. „Myoma uteri." Der Harn ziemlich stark gefärbt; sauer; Eigengewicht = 1·019. Bei der Probe nach Heller entstand eine schwache Trübung etwa $^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der aus 190 ccm des Harns erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9. Die salzsaure Lösung wurde ausserdem mit Sulfosalicylsäure und mit Metaphosphorsäure, die essigsaure Lösung mit Ferrocyankalium und mit Quecksilberjodid-Jodkalium geprüft und zwar mit positivem Ergebniss.

Nr. 18. Das Weib 28 Jahre alt. „Dysmenorrhoe." Der Harn von blasser Farbe; alkalisch; Eigengewicht = 1·010. Bei der Probe nach Heller entstand eine ganz schwache Trübung etwas oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring; im verdünnten Harn keine Trübung.

Die Lösungen der aus 150 ccm erhaltenen Fällung gaben die unter Nr. 9 angeführten Reactionen sehr schwach. In der essigsauren Lösung gab Ferrocyankalium eine sehr schwache Trübung. Das Eiweiss war also kaum deutlich nachweisbar.

Nr. 19. Das Weib 25 Jahre alt. „Perimetritis." Der Harn ziemlich stark gefärbt; stark sauer; setzte freie Harnsäure ab; Eigengewicht = 1·026. Bei der Probe nach Heller entstand eine Trübung, welche $^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure am stärksten war, sich aber auch nach unten streckte; aber kein begrenzter Eiweissring fand sich vor. Der verdünnte Harn gab einen mehr begrenzten oberen Ring, aber keinen Eiweissring.

Die Lösungen der aus 250 ccm des Harns erhaltenen Fällung gaben die unter Nr. 9 angeführten Reactionen sehr stark. Die salzsaure Lösung wurde ausserdem durch Sulfosalicylsäure gefällt und durch Metaphosphorsäure oder Trichloressigsäure stark getrübt. Die essigsaure Lösung wurde durch Ferrocyankalium und durch Quecksilberjodid-Jodkalium flockig gefällt.

Nr. 20. Das Weib 30 Jahre alt. „Hysterie." Der Harn von gewöhnlicher Farbe; schwach sauer; Eigengewicht = 1·019. Bei der Probe nach Heller entstand eine schwache Trübung $^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure. Der verdünnte Harn verhielt sich in ähnlicher Weise.

Die Lösungen der aus 360 ccm erhaltenen Fällung verhielten sich fast ebenso wie im Falle Nr. 9. Auch durch Sulfosalicylsäure, durch Metaphosphorsäure, und durch Trichloressigsäure wurde in der salzsauren Lösung und durch Ferrocyankalium oder Quecksilberjodid-Jodkalium in der essigsauren Lösung starke Trübung bewirkt.

Nr. 21. Das Weib 48 Jahre alt. „Myoma uteri." Der Harn ziemlich stark gefärbt; sauer; Eigengewicht = 1·020. Bei der Probe nach Heller entstand eine schwache Trübung etwa $^1/_2$ cm oberhalb der Salpetersäure, aber kein Eiweissring. Der verdünnte Harn verhielt sich ebenso.

Die Lösungen der aus 250 ccm des Harns erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 9. Auch die Lösung in Essigsäure wurde durch Ferrocyankalium getrübt.

Nr. 22. Das Weib 53 Jahre alt. Der Harn mässig stark gefärbt; neutral; Eigengewicht = 1·013. Bei der Probe nach Heller verhielt sich der Harn wie im Falle Nr. 19.

Die Lösungen der aus 400 ccm des Harns erhaltenen Fällung verhielten sich wie im Falle Nr. 19.

Das Ergebniss der Untersuchungen dieser 22, mit Catheter entleerten Harnproben von Weibern stimmt mit dem für den Harn von Männern gefundenen überein. Auch hier wurde Eiweiss wiedergefunden. In einem Falle fielen die Reactionen so schwach aus, dass sie kaum deutlich waren. In den übrigen Fällen waren sie stets deutlich. Im Allgemeinen fielen die Reactionen schwächer aus, als in den Untersuchungen der Harnproben von Männern. Es scheint mir jedoch verfrüht, daraus den Schluss ziehen zu wollen, dass der Harn von Weibern überhaupt ärmer an Eiweiss sei. Die Harnproben von den Weibern waren nämlich kleiner als die von den Männern; in einigen Fällen waren sie sehr klein. Mehrmals war auch die Dichte des Harns von den Weibern viel geringer, als die der Harnproben von den Männern. Diese Umstände scheinen mir den Unterschied, wenigstens zu einem grossen Theil, zu erklären.

Die Ansicht, dass Eiweiss ein normaler[1] Bestandtheil des Harns

[1] Wie ich bemerkt habe, werde ich nicht auf die Untersuchungen eingehen, welche in der Absicht ausgeführt wurden, zu ermitteln, wie oft man bei der unmittelbaren Prüfung des Harns von gesunden Personen mittels des einen oder

von erwachsenen Menschen sei, ist zuerst von Senator[1] ausgesprochen worden. Er geht von den Beobachtungen aus, in welchen das Eiweiss in Harnproben von gesunden Menschen mittels der gewöhnlichen Eiweissreactionen unmittelbar nachgewiesen wurde. Auf theoretischem Wege deducirt er, dass sich nicht allein in diesen Harnproben, sondern auch in jedem anderen Harne Eiweiss, obwohl in geringer Menge, vorfindet.

In den Untersuchungen von Posner[2] fand diese Ansicht eine Stütze. Der filtrirte Harn wurde mit Alkohol (oder Tannin) gefällt. Die Fällung wurde mit Wasser gewaschen, da eine Proteïnsubstanz, welche er als Mucin betrachtete (vergleiche unten), in der Lösung enthalten war. Der Rückstand wurde durch Essigsäure gelöst. Diese Lösung gab mit Ferrocyankalium, Metaphosphorsäure, Salpetersäure, mit der Reaction von Adamkiewicz und anderen Reactionen ein positives Ergebniss, wodurch Posner die Gegenwart von Eiweiss nachwies. Er hat auch einen anderen Weg befolgt. Der Harn wurde nach dem Zusatz von Essigsäure vorsichtig eingeengt und dann das Eiweiss nachgewiesen.

In allen untersuchten Harnproben, welche theils von Erwachsenen und theils (in geringer Zahl) von Kindern herrührten, fand Posner ein positives Ergebniss. Den qualitativen Reactionen nach bezeichnet er das Eiweiss als Serumeiweiss.

Die Untersuchungen Posner's wurden von anderen (Senator, Duden,[3] v. Noorden) bestätigt.

---

des anderen Reagenses ein positives Ergebniss erhält, und weiter um die Momente zu erforschen, welche das Auftreten des in dieser Weise nachweisbaren Eiweisses verursachen. Je nach dem Reagense, welches zur Verwendung kam und je nach der Art der Handhabung eines und desselben Reagenses ist der Procentsatz der Albuminuriefälle verschieden ausgefallen. In der Hinsicht stimmen jedoch fast alle Angaben überein, dass man gar nicht selten beim Untersuchen des Harns von gesunden Personen mittels der gewöhnlichen Eiweissproben ein positives Ergebniss erhält. Ich kann um so eher von einer Aufzählung dieser Arbeiten Abstand nehmen, als Harnproben, wo ich das Eiweiss unmittelbar (durch die Probe nach Heller) nachweisen konnte, von meiner Untersuchung ausgeschlossen wurden. Durch die von mir mitgetheilten Untersuchungen beabsichtige ich zu entscheiden, ob das Eiweiss als ein normaler Harnbestandtheil anzusehen ist, und die Natur des normalen Harneiweisses festzustellen. Unter den Untersuchungen Anderer darf ich daher nur auf diejenigen hinweisen, welche diese Fragen berühren.

[1] H. Senator, *Die Albuminurie.* 1882 und 2. Aufl. 1890.

[2] C. Posner, *Berliner klin. Wochenschr.* 1885. S. 654; *Arch. f. path. Anat. u. Physiol. u. f. klin. Medicin.* 1886. Bd. CIV, S. 497; *Arch. f. Anat. u. Physiol.* Physiol. Abth. 1887. S. 495.

[3] Duden, *Centralbl. f. d. medic. Wissensch.* 1887. S. 238.

Um die Ergebnisse Posner's zu prüfen, hat W. Leube[1] den Harn (theils filtrirten, theils unfiltrirten) im Vacuum eingeengt und dann geprüft. Oft konnte er dann Eiweiss nachweisen (am häufigsten im Sedimente des eingeengten Harns), auch wenn kein Eiweiss im ursprünglichen Harn direct nachgewiesen werden konnte. Sehr selten, sagt er, ist ein Harn völlig frei von Eiweiss. Bisweilen war jedoch das Ergebniss negativ; im Besonderen war dies mit dem Harn eines Kindes der Fall, welcher bei wiederholten Untersuchungen eiweissfrei gefunden wurde.

Durch eine andere Methode, als die von Posner gebrauchte, hat Plósz[2] die Gegenwart von Proteïnstoffen in jedem normalen (filtrirten)[3] Harne nachgewiesen. Er hat nämlich, wie ich schon oben angeführt habe, den Harn durch Essigsäure sauer gemacht und mit Aether (Amylalkohol oder Chloroform) geschüttelt. Die dabei abgeschiedene gallertige Fällung gab die Farbenreactionen der Eiweissstoffe (die Reactionen von Millon, Adamkiewicz u. a.). Ein Theil derselben war in Essigsäure, Wasser, Kochsalzlösung löslich. Dieser Theil wird als ein Eiweisskörper angesehen. Der in Essigsäure unlösliche Theil wird zu den Mucinsubstanzen gerechnet; daraus wurde jedoch keine reducirende Substanz durch Erwärmen mit Salzsäure gebildet. Die Frage über die Herkunft dieser Proteïnstoffe lässt er offen. Theils sind in der Absonderung der Schleimhäute neben den Mucinsubstanzen auch Eiweissstoffe enthalten; theils war die gefundene Mucinsubstanz nicht so charakteristisch, dass sie sicher von der Schleimhaut abgeleitet werden konnte. Besonders hebt er hervor, dass die Gegenwart des Eiweisses im Harn nicht eine Eiweissausscheidung durch die Nieren beweist, da nämlich der untersuchte Harn von Männern herstammte. Bei den Männern können nämlich eiweisshaltige Drüsensecrete (von der Prostata und von anderen Drüsen) in die Harnröhre oder sogar in die Blase hineindringen und dem Harne beigemischt werden.

In seiner Arbeit „Ueber Albuminurie bei gesunden Menschen"[4] stellt v. Noorden (S. 221 und S. 240) die Frage auf, „ob bei dem gesunden Menschen unter den gewöhnlichen Verhältnissen des täglichen Lebens und bei Leistungen des Organismus, welche ihn nicht aus dem physiologischen Zustand entfernen, Albumin in den Harn übertritt."

Zur Beantwortung hat er also dieselbe Frage aufgestellt, auf

---

[1] W. Leube, *Zeitschr. f. klin. Medicin.* 1888. Bd. XIII, S. 1.

[2] P. Plósz, *Orvosi hetilap.* 1890.

[3] Nach brieflicher Mittheilung.

[4] C. v. Noorden, *Deutsch. Arch. f. klin. Medicin.* 1886. Bd. XXXVIII, S. 205—247.

welche Senator und Posner bejahend antworten. In seinen Schlussfolgerungen (S. 247) wird jedoch die Frage wesentlich eingeschränkt, da er sich nur darüber äussert, „in welchem Umfang Albumin im Harn gesunder Menschen mittels der besten, bis jetzt bekannten Methoden sicher nachgewiesen werden kann." Zum Nachweis des Eiweisses hat er die Kochprobe unter Zusatz von Kochsalz und Essigsäure und die Probe mit Essigsäure und Ferrocyankalium gebraucht. Er giebt dagegen zu, dass Eiweiss vielleicht durch mehr complicirte Methoden nachgewiesen werden könne, wo er es nicht wiederfinden konnte. Diese Arbeit v. Noorden's fällt also hauptsächlich ausserhalb des Rahmens dieser Darlegung. Auf einen Punkt derselben werde ich unten zurückkommen, nämlich auf die Frage über das sogenannte „Mucin", welches er gewöhnlich mit dem Eiweiss zusammen und im gewissen Verhältniss zu demselben auftreten sah.

In einer späteren, ebenso betitelten Veröffentlichung,[1] welche der Publication Posner's nachfolgte, hat v. Noorden die Angaben von Posner bestätigt.

Winternitz[2] bestreitet die Angaben von Senator und Posner, dass Eiweiss ein normaler Harnbestandtheil sei. Dies wird jedoch nur durch die Untersuchung einiger weniger Harnproben gestützt. Schon deshalb kann ja sein negatives Ergebniss die Aussage Posner's, welche auf die Untersuchung einer viel grösseren Zahl von Harnproben gegründet ist, nicht entkräften. Es zeigt ja höchstens, dass es Ausnahmen von der Regel giebt. Uebrigens ist die von Winternitz gebrauchte Untersuchungsmethode von Malfatti[3] sehr streng kritisirt worden.

Einwendungen, welche als sehr bedeutungsvoll erscheinen, sind von Malfatti[4] gegen die Untersuchungen Posner's gemacht worden. Er sagt, dass die Substanz, welche Posner als Eiweiss (und mit Wahrscheinlichkeit als Serumeiweiss) bezeichnete, ein Mucin war. Wo unzweideutige Eiweissreactionen (z. B. mit Essigsäure und Ferrocyankalium) erhalten wurden, war dies von einer Zersetzung des Mucins unter Abscheidung von Eiweiss (einem Albuminat) verursacht. Er stützt diese Ansicht darauf, dass, wenn der Harn mit mucinfällenden Reagentien (er benutzte Essigsäure oder Monokaliumphosphat) behandelt wurde,

---

[1] C. v. Noorden, *Berliner klin. Wochenschr.* 1886. S. 166.

[2] H. Winternitz, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. XV, S. 189; Bd. XVI, S. 439.

[3] H. Malfatti, *Wiener klin. Wochenschr.* 1892. Nr. 46.

[4] H. Malfatti, *Internation. Centralbl. f. d. Physiol. u. Pathol. d. Harn- u. Sexualorgane.* Bd. I, S. 66–76, S. 429—443; Bd. III, S. 17—24; *Wiener klin. Wochenschr.* 1891. S. 433.

bei der Bearbeitung des Harns nach Posner kein Eiweiss erhalten ward; wenigstens war dies oft der Fall. Das Verhalten der ausgeschiedenen Substanz gegen Fällungs- und Lösungsmittel findet er mit dem des Mucins übereinstimmend. Bei der Bearbeitung von unfiltrirtem Harn konnte er auch nachweisen, dass die abgeschiedene Substanz beim Erhitzen mit Salzsäure eine reducirende Substanz gab, wodurch die Mucinsubstanz noch sicherer begründet erschien. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass dabei auch die Nubecula in der Fällung vorhanden war; diese enthält aber, wie ich oben hervorgehoben habe, eine Mucinsubstanz. Aus meinen oben mitgetheilten Untersuchungen geht übrigens hervor, dass frühere Versuche die Gegenwart eines aufgelösten Mucins im Harn nicht bewiesen haben.

In einem Falle von sogenannter physiologischer Albuminurie, d. h. wo eine allem Anschein nach gesunde Person mit dem Harne Eiweiss ausschied, das durch die gewöhnlichen Eiweissreactionen unmittelbar nachgewiesen werden konnte, fand er dasselbe Ergebniss, welches dahin gedeutet wurde, dass der Harn kein Serumeiweiss, sondern „Mucin" enthielt.

Die Möglichkeit, dass neben dem sogenannten „Mucin" auch eine Spur von Nucleoalbumin im normalen Harne vorkommen kann, will er jedoch nicht bestreiten.

Gegen die Angaben von Plósz wendet Malfatti ein, dass „sie nur die Eiweisskörper der falschen Albuminurie berücksichtigen, da das Serumalbumin aus saurer Lösung durch Schütteln mit Aether nicht gefällt werde." Dieser Ausspruch würde jedoch einer experimentellen Stütze bedürfen; beim Schütteln der essigsäurehaltigen Lösung mit Chloroform wird nämlich das Serumalbumin allmählich gefällt, wie ich oben hervorgehoben habe.

Zu der Ansicht Senator's und Posner's, dass der normale Menschenharn Serumeiweiss enthalte, und zu der Theorie Senator's, dass ein Theil des Eiweisses des Blutes durch die Glomeruli in den Harn übergehe, steht die Auffassung Malfatti's natürlich in entschiedenem Widerspruch. Die Substanz, welche Malfatti als ein „Mucin" auffasst, scheint ihm jedoch von den Nieren herstammen zu können, da sie beim Beginn und zu Ende der eigentlichen Albuminurie besonders reichlich vorkommen kann. (Die Erklärung dieses Verhaltens werde ich unten geben.)

Wenn man in den Handbüchern nachsieht, inwiefern die Theorie von Senator und die Untersuchungen von Posner berücksichtigt werden, so findet man sie bisweilen, jedoch mit einiger Reservation erwähnt. Nirgends in der mir zugänglichen Litteratur der letzten Jahre werden sie als bewiesen oder nur als wahrscheinlich angeführt.

Von Hammarsten[1] wird zwar Posner unter denen erwähnt, welche Spuren von Eiweiss als einen normalen Harnbestandtheil betrachten (S. 114) und die in dem Harne anscheinend gesunder Personen Spuren von Eiweiss in vielen Fällen beobachtet haben (S. 330). Es wird jedoch hinzugefügt, dass andere Forscher diese Eiweissspuren als das erste Zeichen einer, wenn auch äusserst gelinden, Erkrankung des uropoëtischen Apparates oder als Zeichen einer rasch vorübergehenden Circulationsstörung betrachten.

Halliburton[2] giebt an, „dass normaler Harn von Proteïden völlig frei sei."

Huppert[3] sagt: „Der normale Harn enthält einen gewöhnlich als Mucin bezeichneten, höchst wahrscheinlich aber den Nucleoalbuminen angehörigen Eiweisskörper." Serumeiweiss wird nicht als ein normaler Harnbestandtheil erwähnt.

In dem semiotischen Theile derselben Arbeit hat Thomas[4] die Untersuchungen von Posner erwähnt, zugleich führt er aber an, dass Malfatti es wahrscheinlich gemacht hat, dass es sich nicht um Serumalbumin, sondern um Mucin gehandelt habe.

In seiner Arbeit hat v. Jaksch[5] Senator und Posner citirt. Es wird aber hinzugefügt, dass die Untersuchungen v. Noordens die Frage über die physiologische Albuminurie im wesentlich negativen Sinne beantwortet haben, und dass die Untersuchungen von ihm selbst und von Leube und Winternitz erwiesen haben, dass nicht jeder Harn Eiweiss enthält.

Laache[6] nimmt zu dieser Frage eine neutrale Stellung. Er führt die Angaben von Senator und Posner an. Er sagt aber, dass Winternitz, Lang, Lecorché und Talamon sich gegen die Annahme aussprechen, dass Albumin im gesunden Zustande mit dem Harne abgesondert werde.

Der Grund dazu, dass die Angaben von Senator und Posner so wenig durchgedrungen sind, kann nicht darin liegen, dass sie keine Aufmerksamkeit auf sich gelenkt haben, oder dass sie als interesselos

---

[1] O. Hammarsten, *Lehrbuch der physiol. Chemie.* 1891. S. 314 u. 330.

[2] Halliburton, *A textbook of chemical physiology and pathology.* 1891. S. 709.

[3] Huppert, *Analyse des Harns* (von Neubauer u. Vogel). 9. Aufl. 1890. Th. I, S. 252.

[4] Thomas, *Analyse des Harns* (von Neubauer u. Vogel). 9. Aufl. 1890. Th. II, S. 19.

[5] v. Jaksch, *Klinische Diagnostik.* 3. Aufl. 1892. S. 300.

[6] Laache, *Klinisk Urin-Analyse.* 2. Aufl. 1892. S. 50.

angesehen wurden. Im Gegentheil werden hoffentlich sowohl Physiologen als Klinici zugeben, dass die Frage über das normale Vorkommen von Serumalbumin im Harne sowohl für die Auffassung der Albuminurie im Allgemeinen als speciell der sogenannten physiologischen oder transitorischen Albuminurie viel Interesse darbietet. Eher ist anzunehmen, dass die Untersuchungen nicht als hinreichend angesehen wurden, um die Frage klarzulegen und zu beantworten.

Ein Mangel der Beweisführung ist auch besonders von Malfatti und v. Noorden hervorgehoben worden, der nämlich, dass die Stellung des gefundenen Eiweisses zum sogenannten „Mucin" des Harns nicht ermittelt wurde. Noch weniger wurde die Natur dieses sogenannten „Mucins" dargethan.

Um diese Fragen zu beleuchten, ist es nöthig, dass ich die Angaben über dieses sogenannte „Mucin" anführe und die Natur dieser Substanz klarlege.

Diese Substanz wurde zuerst von Reissner[1] unter dem Namen „aufgelöstes Mucin" beschrieben. Im normalen Harn fand er sie nicht; er bezweifelt jedoch nicht die Gegenwart derselben. Sehr oft wurde sie bei verschiedenen Krankheiten, besonders Fieberkrankheiten gefunden. Oft trat beim Fieber zuerst „Mucin" und dann Eiweiss im Harne auf. Nach dem Verschwinden des Eiweisses dauerte die Ausscheidung des „Mucins" während einiger Tage fort.

Diese Substanz wurde später von F. Hofmeister[2] erwähnt, welcher angiebt, dass der Harn sowohl von Gesunden als von Kranken oft oder vielleicht immer eine mucinähnliche Substanz enthält.

Bei seinen Versuchen über die experimentelle Albuminurie durch Compression des Brustkastens traf J. Schreiber[3] einen Eiweisskörper im Harne an, welcher in der Fällbarkeit durch Essigsäure dem Mucin ähnlich war, der aber beim Kochen mit einer Säure keine reducirende Substanz abgab.

Von derselben Natur scheint der von F. Müller[4] als Globulin beschriebene Körper gewesen zu sein. Diesen Eiweisskörper fand er zuerst im Harne eines Leukämikers, dann bei verschiedenen anderen Krankheiten (Pneumonie, Typhus).

Die Gegenwart dieses sogenannten „Mucins" hat besonders bei der Bearbeitung der Frage über das Vorkommen von Eiweiss in dem

[1] J. Reissner, *Archiv f. pathol. Anat. u. Physiol.* 1862. Bd. XXIV, S. 191.
[2] F. Hofmeister, *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* 1880. Bd. IV, S. 255, 261.
[3] F. Schreiber, *Archiv f. exp. Pathol. u. Pharm.* 1885. Bd. XIX, S. 255. 1886. Bd. XX, S. 87.
[4] F. Müller, *Jahresber. über d. Fortschr. d. Thierchemie.* Bd. XV, S. 236.

normalen Harn Interesse erregt. Die Gegenwart desselben im Harne wurde von Posner erwähnt; v. Noorden fand meist sogenanntes „Mucin" im Harne, wo Eiweiss vorkam.

Die Ansicht, dass dieses sogenannte „Mucin" oft oder regulär in dem Harne vorkomme, hat sich auch in der Litteratur eingebürgert. Die Angabe von Hofmeister findet sich bei Salkowski-Leube[1] vor. Hammarsten[2] sagt, dass eine mucinähnliche Substanz (Nucleoalbumin?) von den Harnwegen und der Blase herrührend, regelmässig, wenn auch in sehr geringer Menge, in dem Harne vorzukommen scheint. v. Jaksch[3] sagt, dass die Gegenwart von Nucleoalbumin (Mucin) im Harne nicht als ein pathologisches Symptom anzusehen sei, da jeder normale Harn etwas Schleim enthält.

Diese Substanz wird auch von Huppert[4] unter den normalen Harnbestandtheilen aufgeführt. In der älteren Auflage wird sie als „Mucin" bezeichnet; in der neueren Auflage wird sie als „mucinähnliche Substanz" und synonym in der Beschreibung „Nucleoalbumin" genannt. Die Auffassung der Substanz als ein Nucleoalbumin wurde zuerst von Huppert ausgesprochen. Er sagt nämlich, dass die neueren Untersuchungen es so gut als gewiss erscheinen lassen, dass dieser Körper ein Nucleoalbumin ist. Er stützt diese Ansicht auf die Aehnlichkeit mit dem „Mucin" der Galle, welches nach Paykull[5] wahrscheinlich ein Nucleoalbumin ist.

Seitdem hat Obermayer[6] theils aus diesen Gründen, theils auf die Untersuchungen Lönnberg's[7] hin, in welchen kein Mucin, wohl aber Nucleoalbumin in den Nieren und der Blasenschleimhaut des Rindes aufgefunden wurde, theils wegen des Vorkommens von Phosphor in der durch Essigsäure aus icterischem Harn bewirkten Fällung die Ansicht ausgesprochen, dass die Fällungen, welche durch Essigsäure im Harne bei Icterus, Diphtherie, Leukämie und nach der Einführung gewisser Gifte (Pyrogallol, Naphtol, Sublimat) hervorgerufen werden, aus Nucleoalbumin bestehen.

Als Nucleoalbumin habe ich[8] den Eiweisskörper eines Harnes

---

[1] Salkowski-Leube, *Die Lehre vom Harn*. 1882. S. 217.

[2] Hamarsten, *Lehrb. d. physiol. Chemie*. 1891. S. 314 u. 330.

[3] v. Jaksch, *Klinische Diagnostik*. 3. Aufl. 1892. S. 324.

[4] Huppert, *Analyse des Harns* (von Neubauer u. Vogel). 8. Aufl. 1881. S. 95 und 9. Aufl. 1890. S. 277.

[5] L. Paykull, *Zeitschr. f. physiol. Chemie*. 1888. Bd. XII, S. 196.

[6] F. Obermayer, *Centralbl. f. klin. Medicin*. 1892. Nr. 1.

[7] J. Lönnberg, *Dieses Archiv*. 1892. Bd. III. S. 1.

[8] K. A. H. Mörner, *Hygiea*. 1892. Bd. LIV. Th. I, S. 378.

betrachtet, wo das Eiweiss durch Essigsäure vollständig aus dem dialysirten Harne entfernt werden konnte. Ich stützte mich dabei auf die Ansicht von Huppert und die Untersuchungen von Lönnberg, ferner darauf, dass der untersuchte Harn sich qualitativ so verhielt, wie ein Harn, der mit einer Lösung des nach Lönnberg dargestellten Nucleoalbumins der Nieren versetzt worden war.

Eine Zusammenstellung der Eigenschaften der „mucinähnlichen Substanz" des Harns hat Huppert gegeben.

Durch Weingeist wird die Substanz aus dem Harne gefällt. Die Fällung ist in Wasser löslich; längere Zeit unter dem Weingeist aufbewahrt, kann sie zum Theil unlöslich werden.

Die Substanz wird aus der Lösung durch Essigsäure gefällt. Der Niederschlag ist in überschüssiger Essigsäure schwer löslich; durch Eisessig wird er gelöst. Die Ausfällung durch Essigsäure wird durch die Gegenwart von Salzen erschwert oder verhindert. Aus dem Harne wird die Substanz daher nach dem Verdünnen mit Wasser leichter gefällt.

Durch Mineralsäuren wird die Substanz gefällt und durch einen Ueberschuss der Säure leicht gelöst; durch eine grössere Menge der Salpetersäure wird sie wieder gefällt. Bei der Probe nach Heller giebt die Lösung daher zwei Ringe, von welchen der untere dem gewöhnlichen Eiweissring entspricht, und der obere von der Fällbarkeit durch eine sehr geringe Menge der Säure herrührt (Reissner).

Die durch Essigsäure ausgefällte Substanz wird durch Alkali leicht gelöst.

Die Substanz ist gewissermassen durch die Hitze coagulabel. Die Lösung trübt sich beim Erhitzen; wenn Essigsäure zur heissen Flüssigkeit zugesetzt wird, so entsteht eine flockige Fällung, welche schwerer löslich sein kann, als die durch Essigsäure in der Kälte ausgeschiedene Substanz.

Durch Sättigen mit Magnesiumsulfat bei einer Temperatur von 30° wird sie nach Müller vollständig gefällt; unvollständig dagegen durch Kochsalz.

Die Lösung in Essigsäure wird (wie das Eiweiss) durch Ferrocyankalium, Gerbsäure, Phosphorwolframsäure, Pikrinsäure, Quecksilberjodid-Jodkalium, Quecksilberchlorid gefällt.

Auch die Lösung in Salzsäure wird durch Ferrocyankalium gefällt.

Die Substanz giebt die Farbenreactionen der Eiweissstoffe: die Biuretreaction, die Reactionen von Millon, Adamkiewicz, Liebermann und Axenfelt.

Nach Müller und Schreiber giebt sie beim Kochen mit einer Mineralsäure keine reducirende Substanz.

Die Verbindung des Eiweisses (hauptsächlich Serumalbumins) mit den eiweissfällenden Substanzen des Harns, welche ich aus dem normalen (oder dem schwach eiweisshaltigen) dialysirten Harn durch Zusatz von Essigsäure und Schütteln mit Chloroform ausgefällt habe, verhielt sich qualitativ in ähnlicher Weise. Bei verschiedenem relativem Gehalt an Eiweiss und an eiweissfällender Substanz war das Verhalten dieser Fällung etwas verschieden, was auch kleine Verschiedenheiten in den Angaben der Litteratur über die mucinähnliche Substanz des Harns erklären kann.

In einer Hinsicht besteht jedoch ein Unterschied. Die Fällung, welche ich aus dem normalen (und dem schwach eiweisshaltigen) Harne erhielt, gab bei dem Kochen mit Salzsäure eine reducirende Substanz, während nach Müller und Schreiber die mucinähnliche Substanz sich in dieser Hinsicht negativ verhielt. Vielleicht habe ich eine grössere Menge Substanz zur Verfügung gehabt und konnte daher leichter die Reduction nachweisen. Zu bemerken ist auch, dass die Reduction schwächer ausfällt, als z. B. bei der Untersuchung von Mucin, und dass sie nicht sogleich beim Aufkochen hervortritt, sondern erst nach etwas längerem Erwärmen. Die Probe habe ich in kochendem Wasser stehen lassen; nach einigen Minuten trat dann die Reduction ein und nahm bei Aufbewahrung in der Hitze oder in der Kälte zu. Die Fällung von Kupferoxydul konnte schliesslich ziemlich bedeutend sein.

Eine andere Erklärung dieses Unterschiedes ist jedoch auch möglich. Zwar gab die aus dem normalen (und dem schwach eiweisshaltigen) Harne erhaltene Fällung, welche eine Chondroïtinschwefelsäureverbindung war, eine reducirende Substanz beim Erwärmen mit Salzsäure. Andere eiweissfällende Substanzen des Harns können sich anders verhalten. Eine Bildung reducirender Substanz ist bei den Nucleïnsäuren nicht immer sicher; aus der Gallensäureverbindung des Serumalbumins ist natürlich in dieser Weise keine reducirende Substanz zu erhalten.

Schlussfolgerungen.

Durch die in der Abtheilung II. (1 und 2) beschriebenen Untersuchungen wird es möglich, die Fragen über das Vorkommen von Eiweiss im normalen Harne und über die Natur der Substanz des Harns, welche unter den Namen „aufgelöstes Mucin", „mucinähnliche Substanz", „Nucleoalbumin" beschrieben worden ist, zu beantworten.

In keiner der Untersuchungen von normalem, im gewöhnlichen Sinne eiweissfreiem Harne fiel die Prüfung auf Eiweiss negativ aus.

Nur einmal war das Ergebniss so schwach, dass es kaum deutlich war. Sonst zeigte sich, dass die im dialysirten Harn durch Essigsäure und Schütteln mit Chloroform bewirkte Fällung einen Eiweisskörper enthielt. Es ist daher als Regel anzusehen, dass der Harn von erwachsenen Männern und Weibern Eiweiss enthält.[1]

Mucin habe ich in dieser Fällung nicht nachweisen können. Wenn auch etwas Mucin sich in dieser Fällung vorfinden sollte, so kann ich jedoch als sicher behaupten, dass die Menge desselben einen nur unbedeutenden Bruchtheil der Fällung ausmacht.[2]

Aus der Zusammensetzung der Fällung und aus anderen, oben erwähnten Gründen kann ich schliessen, dass der Eiweisskörper der Fällung (hauptsächlich) Serumalbumin ist.

Aus dem Harn wird jedoch das Serumalbumin in einer Verbindung ausgefällt, welche in einigen Eigenschaften einem Mucin oder Nucleoalbumin ähnlich ist. Eine solche Verbindung mit den „eiweissfällenden Substanzen" des Harns wird nämlich bei Zusatz von Essigsäure gebildet. Verbindungen dieser Art sind es, welche unter den Namen „aufgelöstes Mucin", „mucinähnliche Substanz", „Nucleoalbumin" beschrieben worden sind.

Unter diesen Namen ist der letzte insofern berechtigt, als Nucleïnsäure ziemlich constant in der Fällung vorzukommen scheint, was ich durch den Nachweis von Phosphor und von Nucleïnbasen ermitteln konnte. Unter den eiweissfällenden Substanzen des Harns ist jedoch die Nucleïnsäure normal von ganz untergeordneter Bedeutung, indem das Nucleoalbumin — oder mit einem neueren Namen das Nucleoproteïd — nur einen geringen Theil der Fällung ausmacht.

In dem normalen Harne nimmt die Chondroïtinschwefelsäure unter den eiweissfällenden Substanzen des Harns den ersten Rang ein. In allen Versuchen wurde sie im normalen (und in dem schwach eiweisshaltigen) Harne nachgewiesen. Sie wurde sogar fast rein dargestellt, so dass ihre Eigenschaften sicher dargethan werden

[1] Wenn das Eiweiss bisweilen (vielleicht in einem Harne von niedrigem Eigengewicht) vermisst werden sollte, so wird natürlich die Regel dadurch nicht verändert. Es ist ja nicht einmal dadurch erwiesen, dass dieser Harn eiweissfrei war, da die Empfindlichkeit der Untersuchungsmethode keine unbegrenzte ist.

[2] In der Nubecula findet sich, wie ich in der ersten Abtheilung dargethan habe, ein Körper der Mucinsubstanzgruppe, das „Harnmucoïd", vor. Wie viel Interesse das Harnmucoïd auch im Uebrigen darbieten mag, so ist es für die Untersuchung der erwähnten Fällung von geringem Interesse, da es, seinen Eigenschaften nach, in dieser Fällung kaum als anwesend erwartet werden kann, und da auch nicht wiedergefunden wurde.

konnten. Die Analyse der Fällungen zeigte, dass es hauptsächlich diese Säure ist, welche in dem normalen Harn eiweissfällend wirkt.

Möglicherweise kann auch unter normalen Verhältnissen die Taurocholsäure in der Fällung vorhanden sein, aber nur in sehr geringer Menge. Im pathologischen Harne kann sie aber als eiweissfällende Substanz eine hervorragende Bedeutung gewinnen.

Die Eigenschaften der Eiweissverbindung können etwas wechseln. Ausser anderen Umständen (wie die Menge der gegenwärtigen Salze u. s. w.) ist die relative Menge des Eiweisses und der eiweissfällenden Substanzen von Bedeutung. Je grösser die relative Menge der eiweissfällenden Substanz ist, desto mehr werden die Eigenschaften des Eiweisses verdeckt. Die Eigenschaft, beim Kochen zu coaguliren, die Löslichkeit und die Fällbarkeit werden verändert. Gewöhnlich hat die Verbindung in ihrem Verhalten gegen Säuren (wie Essigsäure, Salzsäure) Aehnlichkeit mit einem Nucleoalbumin oder mit einem Mucin.

Wenn in einem Harne die Eiweissmenge gesteigert wird, werden zuerst Reactionen, die an Mucin erinnern, erhalten. Bei einem noch grösseren Gehalt an Eiweiss treten die Reactionen des Eiweisses hervor, und werden schliesslich ganz vorherrschend. Dadurch wird der Umstand erklärt, welchen zuerst Reissner und dann Andere beschrieben haben, der nämlich, dass eine Albuminurie durch ein Auftreten von sogenanntem „aufgelöstem Mucin" eingeleitet wird, und dass die Ausscheidung des sogenannten „Mucins" nach dem Aufhören der Albuminurie während einiger Tage fortdauert. Hierdurch wird auch der von v. Noorden angegebene Zusammenhang zwischen der Ausscheidung von Eiweiss und von sogenanntem „Mucin" im Harne erklärt.

Aus Gründen, welche ich oben angeführt habe, scheint deutlich hervorzugehen, dass die Ausscheidung des Eiweisses und der Chondroïtinschwefelsäure zwei von einander unabhängig verlaufende Processe sind, oder mit anderen Worten, dass keine präformirte Chondroïtinschwefelsäureverbindung des Eiweisses in dem Harne ausgeschieden wird.

Selbstverständlich gilt dies auch für die Taurocholsäure, wo solche zugegen ist. Für die Nucleïnsäure scheint mir diese Sache weniger klar vorzuliegen.

Nach der, wie ich glaube, allgemein gehuldigten Anschauung wird man den Ursprung des Serumalbumins, da ich seine Identität nachgewiesen habe, im Blute suchen. Dies stimmt mit der Theorie von Senator überein, welche einen Uebergang des Serumeiweisses durch die Glomeruli annimmt. In dieser Hinsicht muss ich mich jedoch damit begnügen, auf die herrschende Auffassung hinzuweisen:

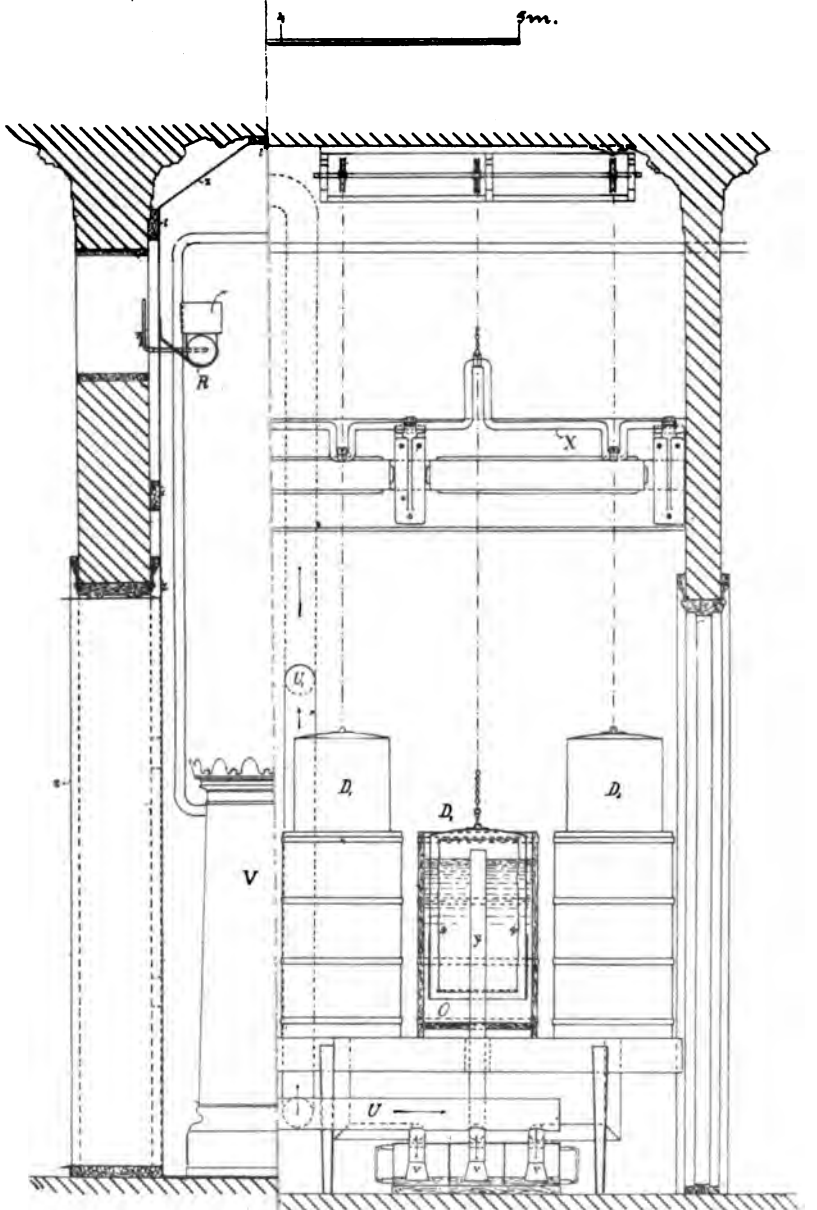
Die Untersuchung des Harns kann natürlich die Frage nicht weiter führen, als zum Nachweis, dass es Serumalbumin ist, welches in dem normalen Harne vorkommt, und dass das Eiweiss schon innerhalb der Harnblase vorkommt, wie ich bei der Untersuchung des durch Catheter entleerten Harns von Weibern gefunden habe.

Dass in dem Harne von Männern Eiweiss vorkommen kann, das aus den Drüsen in das Harnrohr ausgegossen wurde, ist natürlich möglich. Dass aber ein Theil des in der Essigsäurefällung aus dem normalen Harn von Männern gefundenen Serumalbumins diesen Ursprung habe, ist jedoch nicht erwiesen; übrigens scheint mir diese Frage von untergeordneter Bedeutung zu sein.

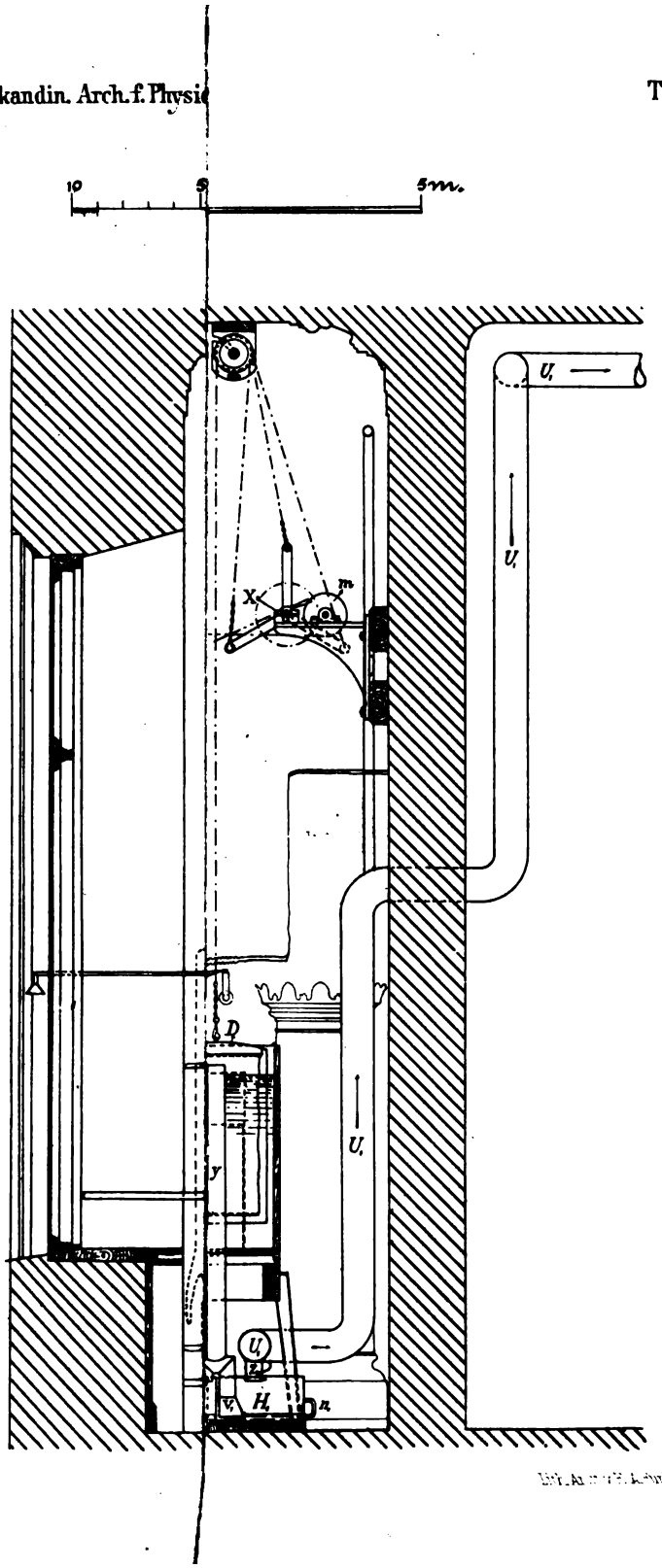
Inwiefern die Schleimhaut der Harnwege (Nierenbecken, Harnleiter und Harnblase) zum Eiweissgehalt des Harnes beitragen, ist schwierig zu sagen. Zu bemerken ist jedoch, dass die Nubecula, welche sich von diesen Theilen herleitet, beim Behandeln mit Ammoniak oder Natronlauge auch bei stark alkalischer Reaction nur eine geringe Menge von Eiweiss abgab.

Den Ursprung der Chondroïtinschwefelsäure suche ich in den Nieren, da ich in den Nieren von Rindern die Säure nachgewiesen habe. Weiter konnte ich den Ursprung der Säure nicht verfolgen; im Blute konnte ich sie nicht wiederfinden. Zur Annahme, dass sie ihren Ursprung in der Schleimhaut der Harnwege hat, liegt keine Veranlassung vor.

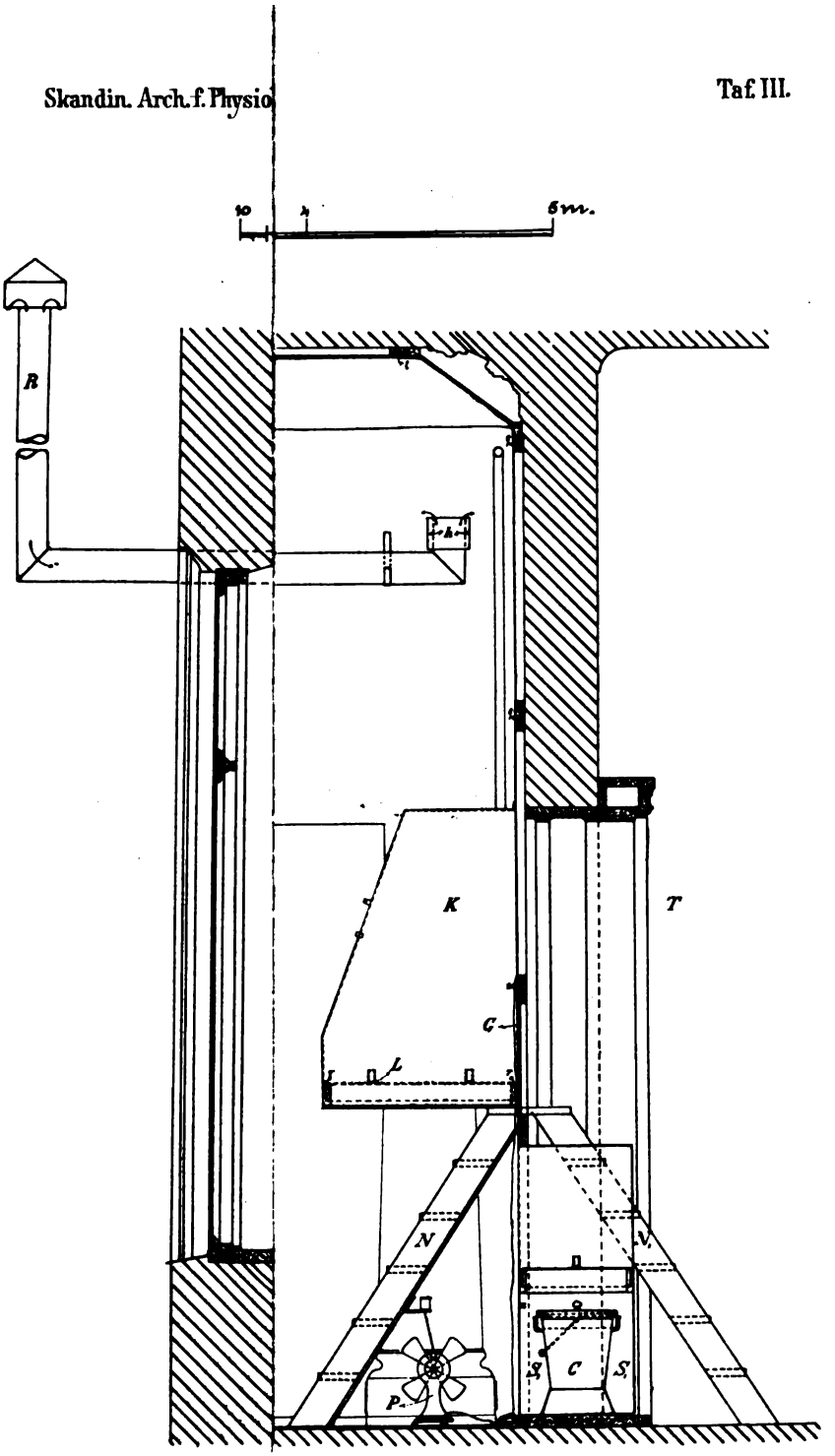
LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA


5m.
R
X
V
U
D
D
D
O
y

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF

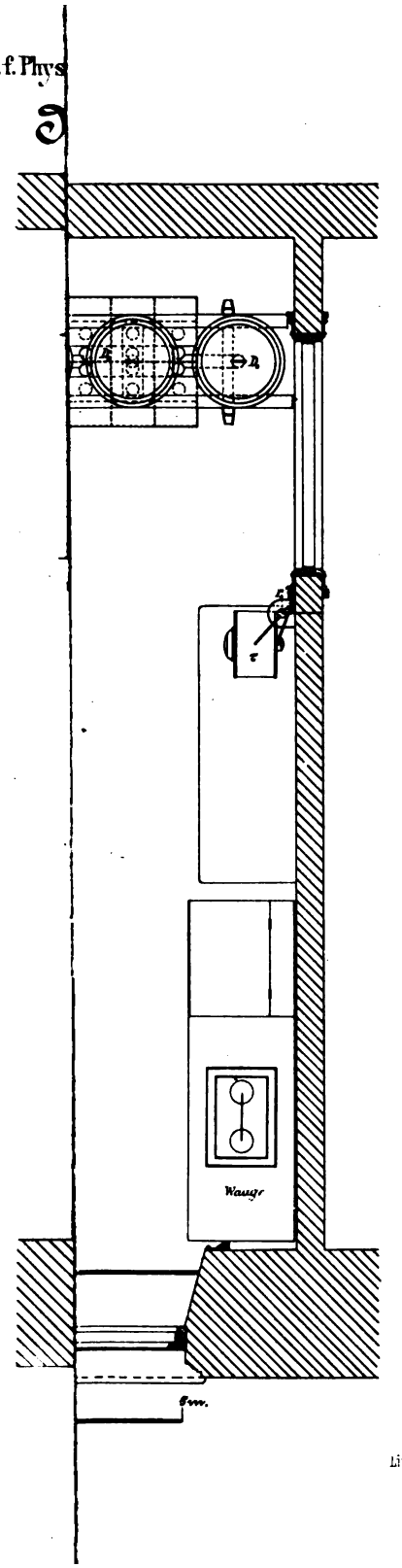

10
5
5m.
U,
U,
X
m
D
y
U,
U,
z
V,
H,
n

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

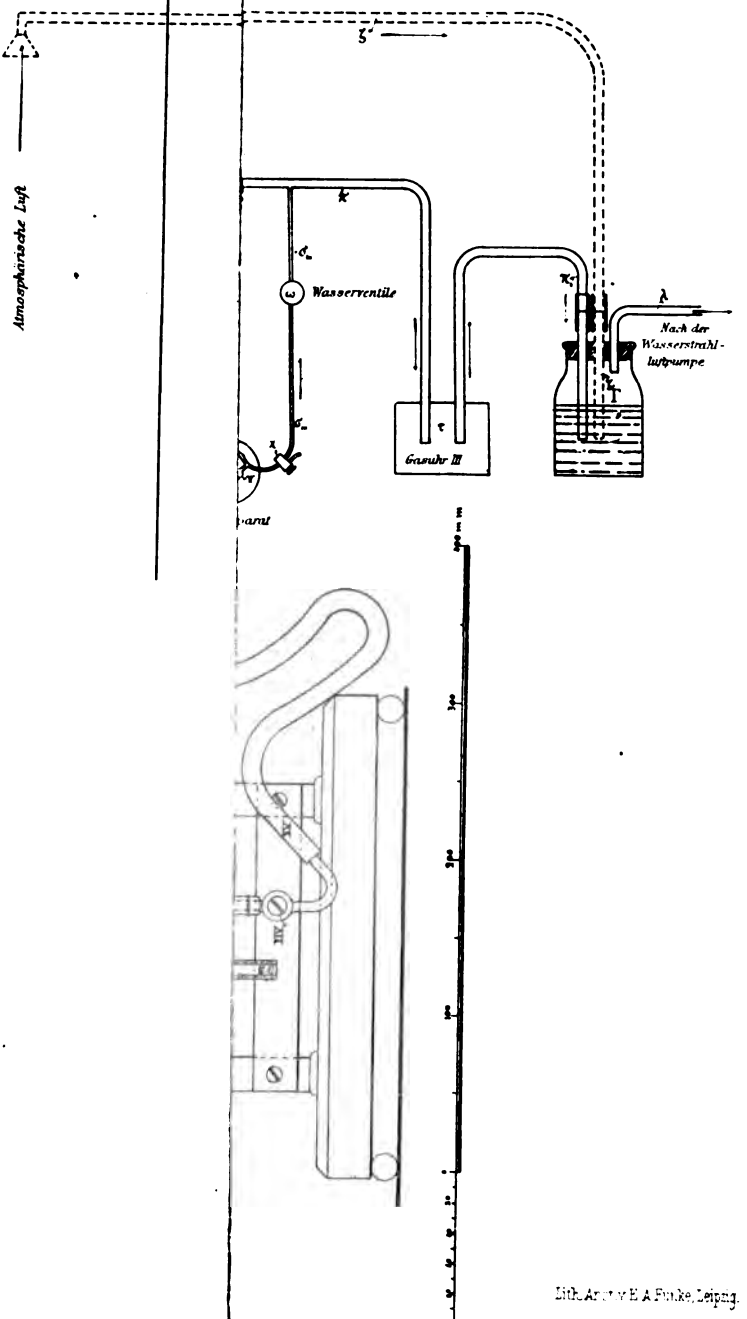
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

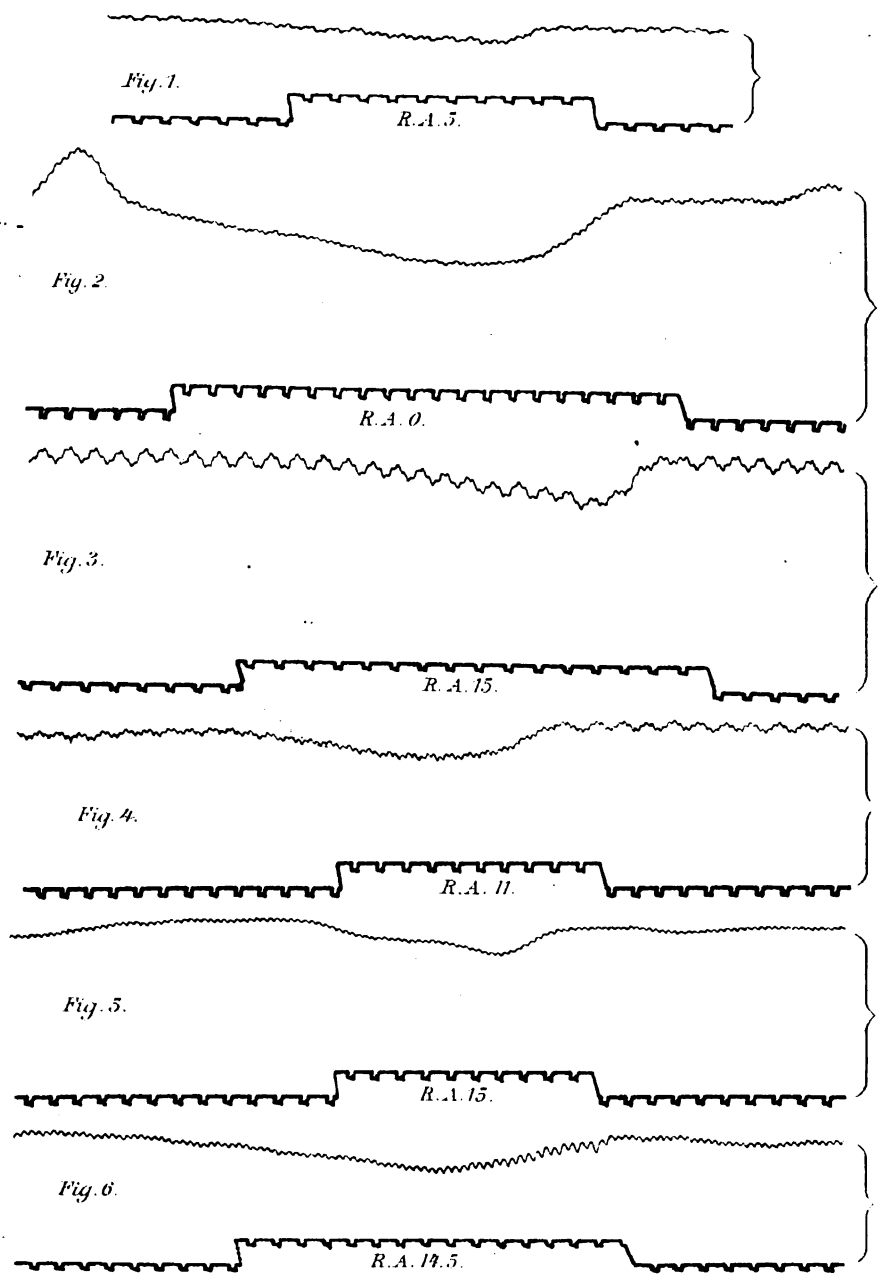
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

Fig. 1.



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA



Verlag Veit & Comp. Leipzig

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW

AN INITIAL FINE OF 25 CENTS
WILL BE ASSESSED FOR FAILURE TO RETURN
THIS BOOK ON THE DATE DUE. THE PENALTY
WILL INCREASE TO 50 CENTS ON THE FOURTH
DAY AND TO $1.00 ON THE SEVENTH DAY
OVERDUE.

BIOLOGY LIBRARY

AUG 10 1939

LD 21-95m-7,'37

102168

QP1
S5
v.6

Skan. archiv fur physiol.

BIOLOGY
LIBRARY
G

AUG 10 1939 Cunningham

OCT 24 1940 Stock I 28 K 40

FEB 28 41 Stock FEB 28 41

BIOLOGY
LIBRARY
G

102168

QP
1
S5
V.6

THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY